Buku Teks Bahan Ajar Siswa

Paket Keahlian: Teknika Kapal Niaga

Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

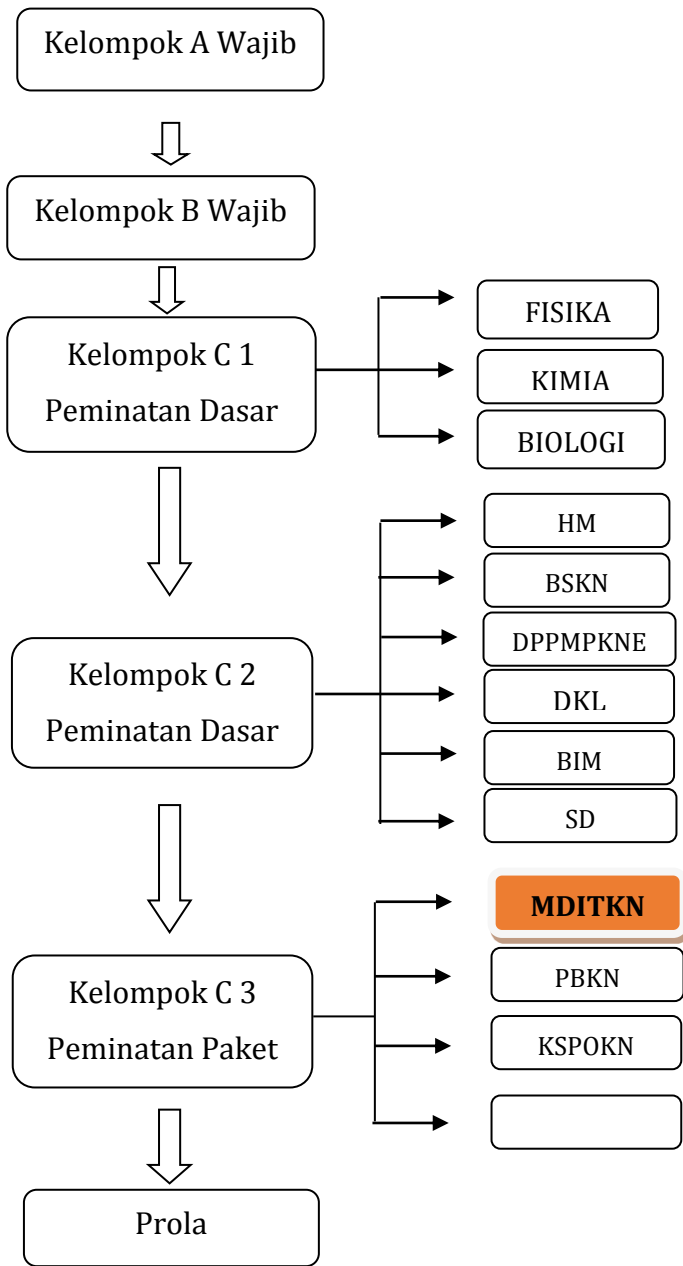
PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

Buku teks Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga ini merupakan salah satu persyaratan utama yang harus dipelajari oleh peserta didik paket keahlian Nautika Kapal Niaga maupun Teknika Kapal Niaga, untuk dalam struktur kurikulum 2013 mata pelajaran Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal masuk dalam kelompok C2 yaitu Dasar Bidang Keahlian.

Adapun Kompetensi Inti yang harus dipelajari oleh peserta didik paket keahlian Teknika Kapal Niaga , yaitu:

A. Hukum Maritim (HM)
B. Bangunan dan Stabilitas Kapal Niaga
C. Dasar –dasar Penanganan Pengaturan Muatan-Permesinan Kapal Niaga dan Elektronika (DPPMPKNE)
D. Dasar – Dasar Keselamatan di Laut (DKL)
E. Bahasa Inggris Maritim (BIM)
F. Simulasi Digital (SD)
G. Motor Diesel dan Instalasi Tenaga Kapal Niaga (MDITKN)
H. Pesawat Bantu Kapal Niaga(PBNK)
I. Kelistrikan,Sistem Pengendalian dan Otomatisasi Kapal Niaga (KSPOKN)
J. Dinas Jaga Permesinan Kapal Niaga(DJPKN)

Adapun peta kedudukan buku teks motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Kelompok A Wajib
Kelompok B Wajib
Kelompok C 1
Peminatan Dasar
FISIKA
KIMIA
BIOLOGI
HM
BSKN
DPPMPKNE
DKL
BIM
SD
Kelompok C 2
Peminatan Dasar
MDITKN
PBKN
KSPOKN
Kelompok C 3
Peminatan Paket
Prola

GLOSARIUM

Atomizer	:	Pengabutan, bentuk kabut
Control rack	:	Batang pengatur posisi plunyer melalui pengontrol pinion dan pengontrol geser
Delivery valve	:	Katup pada elemen pompa yang berfungsi agar bahan bakar yang telah diinjeksikan oleh elemen pompa tidak mengalir ke dalam elemen pompa
Nozzle	:	Pengabut
Nozzle holder	:	Pemegang pengabut
Nozzle throat	:	Leher pengabut
Priming pump	:	Komponen pada pompa injeksi yang berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki ke rumah pompa

I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Sejak kemajuan pesat terjadi pada motor diesel digunakan pada kapal-kapal samudera (*ocean going vessels*), sekarang dibuat dengan model tenaga berkisar dari 3 sampai 27.000 tenaga kuda. Keuntungan hemat dalam pemakaian bahan bakar menyebabkan motor diesel digunakan secara luas pada berbagai jenis kapal, sehingga menduduki tempat pertama diantara mesin-mesin kapal lainnya.

Menerapkan prinsip kerja dan jenis-jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi merupakan buku teks bahan ajar motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga pada paket keahlian teknika kapal niaga.

Prinsip dasar kerja motor diesel merupakan teori segita api dimana tiga unsur tersebut adalah bahan bakar, udara, dan pengapian (panas). Dalam operasional sebuah motor diesel sebagai penggerak utama kapal niaga dibutuhkan beberapa sistem pendukung yang meliputi sistem bahan bakar, sistem pendinginan, sistem pelumasan, dan sistem *start*.

Pada sistem bahan bakar motor diesel meliputi beberapa komponen yaitu tangki bahan bakar, filter bahan bakar, pompa injeksi bahan bakar, pipa bahan bakar tekanan tinggi dan nozzle (pengabut). Pompa bahan bakar sebagai pendukung utama yang berfungsi untuk menyalurkan atau mensirkulasikan bahan bakar ke dalam proses pembakaran motor diesel. Pompa bahan bakar motor diesel dapat dibedakan menjadi dua yaitu pompa bahan bakar tekanan rendah dengan tekanan ± 150 bar dan pompa bahan bakar tekanan tinggi dengan tekanan ± 400 bar.

B. Prasyarat

Untuk mempelajari buku teks motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga, disyaratkan memiliki pengetahuan atau keterampilan tentang pengetahuan prinsip kerja motor diesel penggerak utama kapal niaga, atau harus sudah menyelesaikan buku teks yang harus dipelajari lebih awal sesuai dengan peta kedudukan modul. Dengan mempelajari atau menguasai buku teks sebelumnya diharapkan peserta didik dapat dengan mudah memahami dan menerapkan prinsip kerja jenis – jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi pada motor diesel penggerak utama kapal niaga.

C. Petunjuk penggunaan

1. Petunjuk bagi peserta didik

Untuk memperoleh hasil belajar yang maksimal dalam mempelajari buku teks ini, langkah-langkah yang harus dilaksanakan meliputi beberapa bagian yaitu :

a. Bacalah dan pahami dengan seksama uraian-uraian materi yang ada pada masing-masing kegiatan belajar. Bila ada materi yang kurang jelas, maka peserta didik dapat bertanya pada guru yang mengampu kegiatan belajar tersebut.
b. Kerjakanlah setiap tugas formatif (soal latihan) untuk mengetahui seberapa besar pemahaman yang diserap/telah dimiliki terhadap materi-materi yang dibahas dalam setiap kegiatan belajar.
c. Untuk kegiatan belajar yang terdiri dari teori dan praktik, perhatikanlah beberapa hal berikut.
    1) Perhatikan dengan seksama petunjuk-petunjuk keselamatn kerja (K3) yang diberikan.
    2) Mempelajari isi modul secara bertahap dan berurutan.

3) Pahami setiap langkah kerja sesuai dengan prosedur praktikum (SOP) dengan baik dan benar.
4) Mengerjakan latihan dan praktikum secara cermat dan sungguh-sungguh sesuai dengan petunjuk.
5) Sebelum melaksanakan praktikum, tentukan beberapa alat dan bahan yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan.
6) Gunakan peralatan sesuai dengan prosedur pemakaian dengan baik dan benar.
7) Untuk melaksanakan kegiatan belajar praktikum yang belum jelas, terlebih dahulu harus meminta ijin kepada guru agar tidak terjadi kesalahan pada prosedur.
8) Setelah selesai melaksanakan praktikum, bersihkan dan susun kembali peralatan dan bahan kerja ke tempat semula.

d. Jika belum menguasai tingkat materi yang diharapkan, ulangi lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada guru yang mengampu kegiatan belajar yang bersangkutan.

2. Petunjuk bagi guru

Dalam setiap kegiatan belajar guru berperan untuk :

a. Membantu peserta didik dalam merencanakan kegiatan proses belajar mengajar.
b. Membimbing peserta didik melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap proses belajar.
c. Membantu peserta didik dalam memahami konsep, praktikum, dan menjawab pertanyaan peserta didik mengenai proses kegiatan belajar.
d. Membantu peserta didik untuk menentukan dan mengakses berbagai sumber atau referensi tambahan lain untuk menunjang proses kegiatan belajar.

e. Mengorganisasi proses kegiatan belajar kelompok baik kegiatan teori maupun praktikum.
f. Merencanakan proses penilaian dan meyiapkan perangkatnya.
g. Melaksanakan penilaian.
h. Menjelaskan kepada peserta didik tentang sikap pengetahuan dan keterampilan dari suatu kompetensi yang perlu dibenahi dan merencanakan pembelajaran pertemuan berikutnya.
i. Mencatat kemajuan peserta didik.

D. Tujuan Akhir

Setelah selesai menyelesaikan buku teks motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga, diharapkan Anda sebagai peserta didik mampu memahami, menjelaskan, dan mengidentifikasi prinsip kerja jenis-jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi secara teliti sesuai dengan standar prosedur operasional (SOP) dan juga mampu menerapkan dan menentukan prinsip kerja jenis- jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi di atas kapal.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Satuan Pendidikan : SMK

Kompetensi Inti

a. KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya
b. KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung-jawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia

c. KI 3 : Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah

d. KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Pembelajaran	Penilaian
3.3 Menerapkan prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi 4.3 Menentukan prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi	Prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi : 1. Instalasi tenaga kapal 2. Reciprocating steam engine 3. Marine (steam) turbines 4. Internal combustion engines (diesel engine) 5. Gas turbine 6. Sistem bahan bakar 7. Sistem pompa pribadi 8. Sistem pompa distribusi 9. Sistem akumulator 10. Tangki bahan bakar 11. Sistem pelumasan 12. Sistem pendinginan 13. Sistem starting 14. Pengoperasian instalasi tenaga kapal	**Mengamati** Mencari informasi tentang prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi serta aplikasi dalam kegiatan pada kapal niaga melalui berbagai sumber **Menanya** Diskusi kelompok tentang kaitan dengan prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi **Eksperimen/explore** Demonstrasi sistem *starting* sesuai prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi secara berkelompok eksplorasi pemecahan masalah terkait sistem *starting* sesuai prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi	**Tugas** Membuat paper prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi **Observasi** Ceklist lembar pengamatan kegiatan presentasi kelompok **Portofolio** Laporan tertulis tentang prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi **Tes** Tes tertulis bentuk uraian dan/atau pilihan ganda

	15. Bagian – bagian instalasi tenaga kapal 16. Poros propeller kapal 17. Bagian – bagian poros 18. Bantalan poros propeller 19. Maneuver kapal 20. Teori desain propeller kapal 21. Macam tipe propeller 22. Macam kopling porors propeller 23. Fungsi gear box 24. Reduction gear 25. Transmisi daya 26. Interaksi kapal mesin propeller 27. Cara desain propeller kapal 28. Pengenalan mesin penggerak kapal 29. Propeller kapal 30. Propulsi kapal 31. Perawatan dan perbaikan ITK 32. Overhaul komponen sistem pendingin 33. Overhaul komponen motor penggerak 34. Pemasangan pengujian ITK 35. Pemasangan sistem hidrolik 36. Pemeliharaan servis engine dan komponennya	**Asosiasi** • Menyimpulkan sistem *starting* sesuai prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi **Mengkomunikasikan** • Wakil masing-masing kelompok mempresentasikan hasil demonstrasi prinsip kerja jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi secara berkeloctmpok	

	37. Pemeliharaan servis sistem hidrolik Perbaikan poros Penggerak 38. Perbaikan sistem kemudi 39. Perbaikan sistem pengabutan 40. Cara merawat motor diesel 41. Pembacaan dan pemahaman gambar teknik instalasi tenaga penggerak		

F. Cek Kemampuan Awal

Isilah kotak disebelah pertanyaan berikut ini dengan tanda (V) sesuai dengan jawaban anda " YA " atau " TIDAK ".

No	PERTANYAAN	YA	TIDAK
1.	Apakah anda mengetahui apa yang dimaksud dengan system pada motor penggerak utama kapal niaga ?		
2.	Apakah anda dapat menyebutkan persiapan sebelum melakukan pengoperasian pada instalasi tenaga kapal niaga ?		
3.	Apakah anda dapat menyebutkan sistem – sistem yang terdapat pada motor penggerak kapal niaga ?		
4.	Apakah anda mengetahui fungsi sistem – sistem yang terdapat pada motor penggerak kapal niaga ?		
5.	Apakah anda mengetahui komponen – komponen instalasi tenaga kapal niaga ?		
6.	Apakah anda mengetahui jenis – jenis propeller yang terdapat pada instalasi tenaga kapal niaga ?		

7.	Apakah anda mengetahui fungsi pompa injeksi pada motor diesel penggerak utama kapal niaga ?		
8.	Apakah anda mengetahui jenis – jenis pompa injeksi motor diesel penggerak utama kapal niaga ?		
9.	Apakah anda mengetahui tentang reduction gear ?		
10.	Apakah anda mengetahui fungsi nozzle atau pengabut yang terdapat pada motor diesel ?		

Apabila anda menjawab " TIDAK " pada salah satu pertanyaan diatas, anda harus mempelajari buku teks sebelumnya.

Apabila anda menjawab " YA " pada seluruh pertanyaan diatas, maka anda layak menjawab atau mengerjakan evaluasi yang ada di buku teks ini.

II. PEMBELAJARAN

A. Deskripsi

Prinsip kerja bahan bakar pada instalasi tenaga kapal niaga didefinisikan sebagai suatu sistem yang sangat diperlukan untuk menangani bahan bakar solar dari tangki penyimpanan sampai ke dalam ruang bakar motor diesel sebagai penggerak utama pada kapal niaga (sebagai peralatan yang diperlukan untuk mempermudah/melancarkan kegiatan pengoperasian motor penggerak utama kapal niaga. Dalam melaksanakan pengoperasian motor penggerak kapal pada saat kapal berlayar, kemungkinan terjadi berbagai gangguan dalam pengoperasian dapat saja terjadi stiap saat. Gangguan-gangguan yang terjadi selama pengoperasian motor diesel saat kapal berlayar yang terjadi dapat disebabkan beberapa faktor teknis dan non teknis. Faktor teknis meliputi usia mesin sudah tua, kerusakan akibat material sudah lama atau kelelahan bahan material. Faktor non teknis meliputi sumber daya manusia yang meliputi kemampuan operator (oiler), cara kerja operator (oiler). Dalam hal ini untuk mengatasi berbagai cara kemungkinan penyebab terjadinya gangguan-gangguan maka setiap sumber daya manusia- yang terlibat harus mampu mengetahui prinsip kerja sistem bahan bakar motor diesel.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Peserta didik memiliki kemampuan menjelaskan dan mengidentifikasi komponen utama motor diesel pada instalasi tenaga kapal niaga, mampu menerapkan dan menentukan prinsip kerja jenis-jenis pompa bahan bakar tekanan tinggi motor diesel.

2. Uraian Materi

a. Identifikasi Motor Diesel Penggerak

Peserta didik diharapkan memiliki pengetahuan tentang klasifikasi motor penggerak, prinsip kerja motor diesel, dan komponen – komponen motor diesel, sehingga mampu untuk mengoperasikan dan mengatasi gangguan – gangguan dan melakukan perbaikan pada motor diesel penggerak utama kapal.

1) **Klasifikasi motor penggerak**

Motor bakar ialah suatu pesawat tenaga yang dapat mengubah energi panas menjadi tenaga mekanik dengan jalan pembakaran bahan bakar.

a) Di dalam pembagian motor bakar kita mengenal

- Motor pembakaran luar (*external combustion engine*) adalah suatu pesawat yang energinya untuk kerja mekanik diperoleh dengan pembakaran bahan bakar dilakukan diluar pesawat tersebut.
- Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah suatu pesawat yang energinya untuk kerja mekanik diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar dilakukan didalam silinder motor itu sendiri.

b) Konstruksi motor dalam terdiri kontruksi berikut

- Konstruksi motor statis.
  Motor yang diam ditempat yang banyak digunakan di pabrik-pabrik sebagai pembangkit tenaga listrik.
- Konstruksi motor dinamis.
  Motor yang dapat bergerak berpindah tempat
  Contoh : *auto* mobil, sepeda motor, kapal terbang, kapal air

- Berdasarkan prinsip kerjanya.
    - Motor kerja tunggal, pembakaran hanya terjadi pada satu sisi dari torak, kebanyakan motor sekarang termasuk jenis ini.
    - Motor kerja ganda, pembakaran terjadi secara bergantian di sisi atas dan sisi bawah dari torak. Motor kerja ganda menghasilkan tenaga lebih besar dari pada motor kerja tunggal berukuran sama.
    - Motor torak berhadapan (*opposed piston engine*), sebuah silinder dilengkapi dua torak yang bergerak berlawanan arah. Pembakaran terjadi di antara kedua torak itu.
- Berdasarkan cara pengabutan bahan bakar.
    - Motor pengabut tekan, bahan bakar dikabutkan oleh penyemprotan ke dalam silinder pada tekanan yang berkisar dari 200 – 700 kg/cm^2 (metode ini yang umum digunakan).
    - Motor pengabut udara, bahan bakar dikabutkan oleh penyemprotan udara bertekanan tinggi (pada saat ini tidak digunakan lagi).
- Berdasarkan penempatan silinder.
    - Jenis motor membujur, pada jenis ini slinder disusun berpasangan kebanyakan motor termasuk jenis ini.
    - Jenis motor V, pada jenis slinder yang berdiri condong keluar disusun dalam dua baris berbentuk V. Motor berukuran kecil dan sedang cenderung seperti ini.
- Berdasarkan ukuran.
    - Motor besar, meskipun tidak ada batasan yang pasti, golongan ini mencakup silinder berdiameter diatas 500 mm (kebanyakan pada konstruksi motor 2 TAK).
    - Motor sedang, meliputi diameter dari 200 – 500 mm.

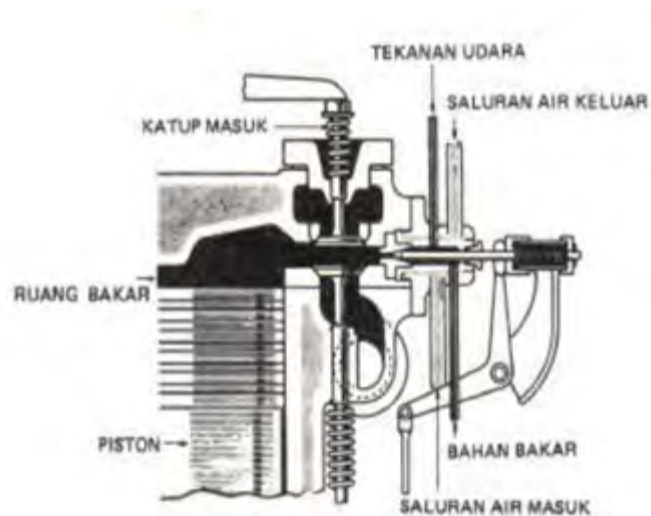
- Motor kecil meliputi ukuran diameter silinder labih kecil dari 200 mm (kebanyakan pada konstruksi motor 4 TAK).

- Berdasarkan atas sistem pengapian/penyalaan.
    - Sistem penyalaan disebabkan oleh tekanan udara kompresi.
    - Sistem penyalaan disebabkan oleh loncatan bunga api listrik.
- Berdasarkan atas putaran motor.
    - Motor dengan putaran rendah, dibawah 600 RPM.
    - Motor dengan putaran sedang, putaran motor antara 600 – 1500 RPM.
    - Motor dengan putaran tinggi, putara lebih dari 1500 RPM.
- Berdasarkan atas sistem pendinginan
    - Sistem pendinginan dengan udara.
    - Sistem pendinginan dengan air.
    - Sistem pendinginan dengan udara dan air.
- Berdasarkan atas sistem pelumasan
    - Sistem pelumasan recik (*splash system*).
    - Sistem pelumasan tekanan (*force feed system*).
    - Sistem pelumasan kombinasi (*splash and force feed system*).
- Berdasarkan pemakaian, motor diesel terbagi atas.
    - Diesel generator.
    - Diesel kapal laut (*marine* diesel).
    - Diesel pompa air.
    - Diesel truk.
    - Diesel traktor, dll.

c) Prinsip Kerja Motor Diesel dan Komponennya

Prinsip dasar motor diesel sebagai motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) disamping motor bensin dan turbin

gas. Motor diesel disebut dengan motor penyalaan kompresi (*compression ignation engine*). Cara pembakaran pada motor diesel torak menghisap udara dimasukkan ke ruang bakar yang selanjutnya udara dikompresikan sampai mencapai suhu dan tekanan tinggi. Beberapa saat sebelum torak mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar solar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Dengan suhu dan tekanan udara dalam silinder tinggi maka partikel-partikel bahan bakar akan menyala dengan sendirinya sehingga membentuk proses pembakaran.Agar bahan bakar solar terbakar dengan sendiri diperlukan rasio kompresi 15 – 22 lebih tinggi dari pada motor bensin, 6 – 12, dan suhu kompresi ± 600 ^{0}C.

Didalam motor diesel sangat diperlukan sistem injeksi bahan bakar yang meliputi pompa injeksi (*injection pump*),pengabut (*injector*) dan perlengkapan bantu lainnya. Bahan bakar solar yang disemprotkan mempunyai sifat dapat terbakar sendiri (*self ignition*).

Gambar 1. Potongan motor diesel tampak depan

Gambar 2. Motor diesel sederhana.

d) Perbedaan Utama Motor Diesel dan Motor Bensin

Motor diesel dan motor bensin mempunyai beberapa perbedaan utama seperti terlihat pada Tabel berikut.

Tabel Perbedaan motor diesel dan motor bensin

Point	Motor Diesel	Motor Bensin
Siklus pembakaran	Siklus *sabathe*	Siklus *otto*
Rasio kompresi	15 – 22	6 – 12
Ruang bakar	Rumit	Sederhana
Pembentukan campuran	Setelah kompresi	Sebelum kompresi
Metode Pengapian	Terbakar sendiri	Percikan busi
Bahan bakar	Solar	Bensin
Getaran suara	Besar	Kecil
Efisiensi panas (%)	30 – 40	22 – 30

e) Keuntungan dan kerugian pada motor diesel

Dalam pelaksanaannya motor diesel mempunyai beberapa keuntungan dan kerugian yang meliputi :

- Keuntungan motor diesel
  - Motor diesel mempunyai efisiensi panas yang lebih besar. Hhal ini berarti bahwa penggunaan bahan bakarnya lebih ekonomis dari pada motor bensin
  - Motor diesel lebih tahan lama dan tidak memerlukan *electric igniter*. Hal ini berarti bahwa kemungkinan kesulitan lebih kecil dari pada motor bensin
  - Momen pada motor diesel tidak berubah pada jenjang tingkat kecepatan yang luas. Hal ini berarti bahwa motor diesel lebih fleksibel dan lebih mudah dioperasikan dari pada motor bensin
- Kerugian motor diesel
  - Tekanan pembakaran maksimum hampir dua kali motor bensin. Hal ini berarti bahwa suara dan getaran motor diesel lebih besar
  - Tekanan pembakarannya lebih tinggi maka motor diesel harus dibuat dari bahan yang tahan tekanan tinggi dan harus mempunyai struktur yang kuat. Hal ini berarti bahwa untuk daya kuda yang sama, motor diesel jauh lebih berat dan biaya pembuatannya pun menjadi lebih mahal
  - Motor diesel memerlukan sistem injeksi bahan bakar yang presisi. Hal ini berarti bahwa harganya lebih mahal dan memerlukan pemeliharaan yang lebih cermat dibanding dengan motor bensin
  - Motor diesel mempunyai perbandingan kompresi yang lebih tinggi dan membutuhkan gaya yang lebih besar untuk memutarnya. Oleh karena itu, motor diesel memerlukan alat pemutar seperti motor *starter* atau baterai yang berkapasitas lebih besar

f) Perbedaan sistem penyalaan motor diesel dengan motor bensin

Sistem penyalaan pada motor diesel dan motor bensin memiliki beberapa perbedaan dikarenakan beberapa factor dari konstruksi dan bahan bakar yang digunakan. Adapun perbedaan sistem penyalaan yaitu :

- Sistem penyalaan motor diesel terdiri dari hal berikut.
  - Pengabut (*injection nozzle*).
  - Pompa bahan bakar (*fuel injection pump*).
  - Pengatur pompa bahan bakar (*governor pump*).
  - Saringan bahan bakar (*fuel filter*).
  - Katup pembebas (*relief valve*).
  - Pompa pemindah bahan bakar (*fuel transfer pump*).
  - Tangki bahan bakar (*fuel service tank).*
  - Pipa-pipa aliran bahan bakar (*fuel pipe lines*).
- Sistem penyalaan motor bensin terdiri dari hal berikut.
  - Baterai.
  - *Coil* pengapian.
  - *Distributor* (alat pembagi).
  - Platina dan kondensor.
  - Kabel-kabel busi.
  - Busi.
  - Kunci kontak (*ignition switch*).

2) **Bagian-bagian motor diesel**

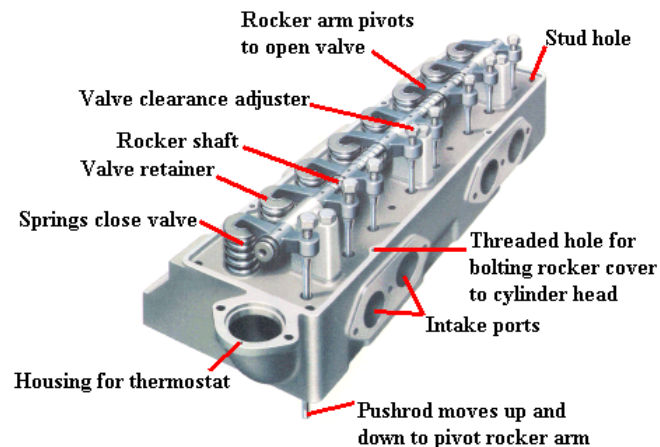
Sebuah motor diesel terdiri dari kepala silinder, blok silinder, piston, batang piston, mekanisme katup. Bila mesin dioperasikan dalam waktu yang lama maka komponennya akan mengalami aus, dan celah antara komponen-komponen bertambah besar. Akibatnya kemampuan mesin menurun, timbul suara abnormal, konsumsi minyak pelumas

bertambah, dan penggunaan bahan bakar menjadi boros. Dalam keadaan demikian, mesin harus di *overhaul* dan komponen yang rusak harus diperbaiki atau diganti.

Adapun bagian – bagian motor diesel meliputi :

a) Kepala Silinder

Kepala silinder dipasang pada permukaan blok silinder dan membentuk sebagian ruang bakar utama. Pada kepala silinder dipasang *nozzle* untuk menginjeksi bahan bakar, *manifold* masuk untuk memasukkan udara yang diperlukan dalam pembakaran, *manifold* keluar untuk membuang gas pembakaran ke udara luar, sistem katup untuk mengatur penghisapan , pembuangan, dan sistem pemanas untuk memanasi udara.

Kepala silinder terbuat dari baja tuang, berfungsi untuk menutup blok motor bagian atas dimana antara kepala silinder dengan blok motor dapat dipisahkan. berikut adalah gambar bagian kepala silinder.

Gambar 3. Kepala silinder

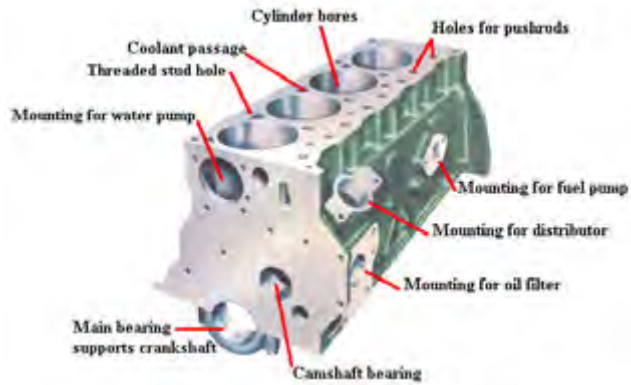
b) *Packing* kepala silinder

Packing berfungsi untuk mengatasi kebocoran antara kepala silinder dan blok motor. Pelapis *packing* terbuat dari asbes yang dijepit dengan plat tipis dari tembaga. Tiap-tiap motor mempunyai jenis pelapis *packing* yang bentuknyaberbeda. Gambar 4 berikut adalah gambar packing atau gasket.

Gambar 4. *Packing* atau *gasket*.

c) Blok silinder

Blok silinder dibuat dari besi tuang biasa atau besi tuang khusus, bentuknya menyerupai silinder blok motor bensin akan tetapi kekuatannya lebih besar dan tahan terhadap temperatur, tekanan dan putarannya lebih tinggi sehingga akibatnya menjadi lebih berat.

Piston meluncur di dalam tabung silider (*cylinder liner*) dimana berjenis basah (air pendingin langsung melewati bagian belakang tabung silinder). Blok silinder dibuat dari paduan khusus yang tahan terhadap keausan karena gesekan. Berikut adalah gambar blok silinder.

Gambar 5. Blok silinder.

d) Tabung Silinder

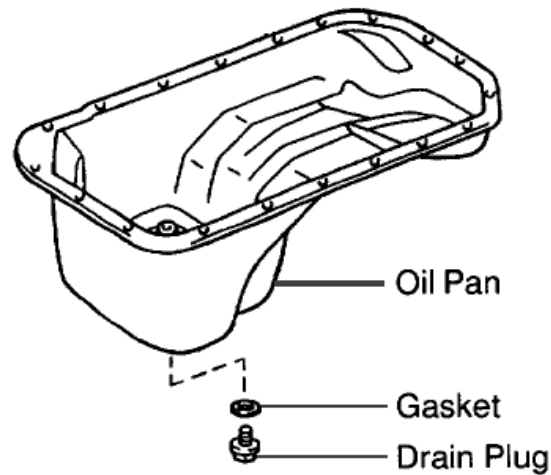
Tabung silinder terbuat dari paduan baja tuang yang dikeraskan. Semua tabung silinder motor disatukan di dalam blok motor dan disenyawakan dengan karter bagian atas. Tabung silinder dapat dilepaskan dari blok motor dan ada pula yang disenyawakan langsung pada blok motor. Silinder yang dapat dilepaskan dari blok motor terbagi menjadi :

- Tabung silinder basah, adalah tabung silinder yang berhubungan langsung dengan air pendingin motor.
- Tabung silinder kering, adalah tabung silinder yang tidak berhubungan dengan air pendingin.

Gambar berikut adalah gambar tabung silinder pada motor diesel.

Gambar 6. Tabung silinder.

e) ***Pan Oil* atau karter**

Bak oli (*pan oil*) adalah sebuah tempat (wadah) minyak pelumas yang akan digunakan dalam sistem pelumasan. Bak oli terbuat dari baja yang dilengkapi dengan penyekat (*separator*) untuk menjaga agar permukaan oli ketika dalam keadaan jalan.

Gambar 7. *Pan oil* .

f) **Manifold**

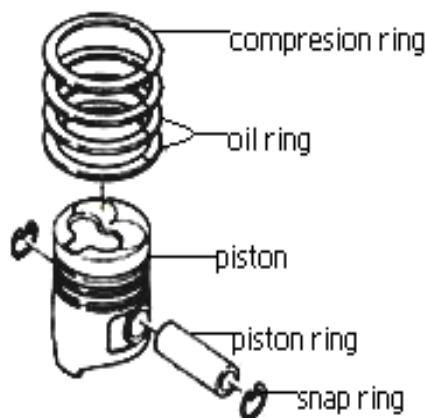
Manifold masuk terdapat saringa udara berhubungan pada *venture control* untuk motor diesel berjenis pompa penekan bahan bakarnya tipe kevakuman udara. Manifold buang berhubungan dengan pipa pembuangan gas bekas. Manifold masuk dan buang dilekatkan pada blok motor dengan *packing* supaya panas yang dipancarkan oleh saluran pembuangan dapat dipakai untuk memanaskan pipa pemasukan agar udara yang masuk ke dalam silinder motor menjadi hangat.

Manifold pada motor diesel terbagi 2 macam meliputi :

- Manifold masuk (saluran pemasukan udara).
- Manifold keluar (saluran pembuangan gas bekas).

Gambar 8. *Manifold*.

g) Piston

Piston selalu bergerak bolak-balik di dalam silinder dan dihubungkan dengan batang piston dengan pin piston. Piston memutar poros engkol (*crank shaft*) melalui batang piston selalu bersinggungan dengan tekanan dan temperatur tinggi. Oleh sebab itu piston harus dibuat oleh bahan yang ringan, kuat, tahan panas dan tahan aus. Bahan piston umumnya terbuat dari campuran almunium. Permukaan piston terbentuk atas bermacam-macam tipe dengan tujuan untuk membentuk ruang bakar dan menimbulkan pusaran bahan bakar pada saat penyemprotan.

Gambar 9. Kelengkapan piston.

h) Pena piston (pin piston)

Pin piston berfungsi untuk menghubungkan piston dengan batang piston. Pin piston menerima beban yang besar yang bekerja di antara piston dan batang piston (piston *rod*), sehingga untuk mengatasi beban ini bagian tengahnya dibuat lebih tebal.

i) Ring piston

Ring torak ada dua macam yaitu ring kompresi dan ring oli. Ring kompresi untuk mencegah kebocoran kompresi dan gas pembakarannya, untuk memampatkan udara, serta menyalurkan sebagian panas dari torak ke air pendingin melalui dinding silinder. Ring oli berfungsi untuk mengikis sisa oli yang telah melumasi pada dinding dalam silinder, serta memberi oli pelumas pada bagian ujung kecil batang torak. Umumnya ring torak terbuat dari besi tuang khusus dan mempunyai sifat tahan panas, tahan aus dan mempunyai gaya pegas. Ada juga ring torak yang permukaan luarnya dilapisi *chrome* agar lebih tahan terhadap keausan serta untuk memperbaiki penyesuaian permukaan antara ring dengan dinding silinder.

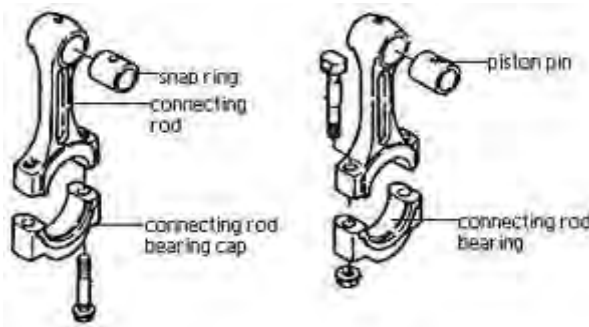
Gambar 10. Ring piston.

Bentuk-bentuk *ring gap* meliputi :

- Sambungan lurus.
- Sambungan berimpit.

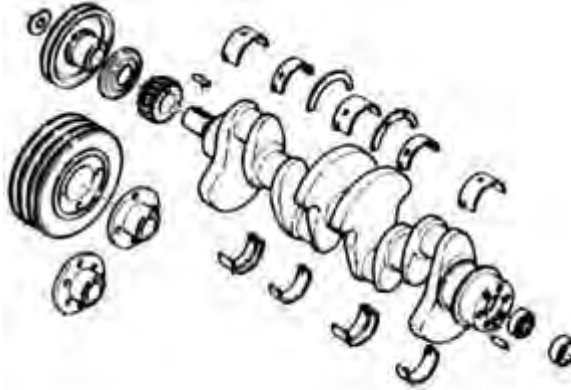
- Sambungan bersudut.
- Sambungan berlidah.

j) Batang piston (piston *rod*)

Batang piston berfungsi untuk menghubungkan piston dengan poros engkol (*crankshaft*) dan mengubah gerakan bolak-balik menjadi gerakan berputar poros engkol. Agar bagian batang piston ini dapat berayun maka pada bagian pemasangan piston digunakan bos dan pada bagian pemasangan poros engkol digunakan bantalan.

Gambar 11. Batang piston.

k) Poros engkol (*cranksaft*)

Poros engkol berfungsi untuk mengubah gerak bolak-balik torak menjadi gerak putar melalui batang torak. Poros engkol terdiri dari pena engkol, jurnal engkol dan lengan engkol yang ditempa dari baja karbon atau baja khusus. Poros engkol dipasang terhadap blok silinder pada bagian jurnal ini. Baik jurnal engkol maupun pena engkol dikeraskan dengan cara induksi untuk mengatasi pengausan. Pada bagian depan poros engkol dipasang gigi poros engkol untuk menggerakkan sistem klep dan *pulley* engkol untuk memutar kipas, pompa air, *alternator* dan bagian belakang dipasang roda gila (*fly wheel*). Bobot pengimbang (*balancing weight)* dipasang pada lengan

engkol untuk menghilangkan ketidakseimbangan dalam perputaran motornya.

Gambar 12. Poros engkol.

l) Bantalan jurnal (*jurnal bearing*)

Bantalan jurnal umumnya terbuat dari paduan tembaga, termasuk perunggu dan logam putih. Pada bantalan jurnal dibuat lubang dan alur oli untuk saluran oli dari blok silnder.

m) Roda penerus (*flywheel*)

Roda penerus berfungsi untuk meratakan putaran poros engkol yang berubah ubah akibat pembakaran (kerja) pada tiap satu kali putaran poros engkol pada motor dua tak atau pada tiap kali putaran poros engkol motor empat tak. Pada waktu putaran poros engkol dipercepat oleh gaya pembakaran, sebagian gaya pembakaran ini tersimpan pada roda penerus. Setelah selesai pembakaran, putaran poros engkol semakin menurun pada langkah lainnya. Gaya yang tersimpan pada poros engkol yang disebut gaya

inersia dikeluarkan kembali untuk memperkecil perubahan kecepatan putaran. Oleh sebab itu putaran menjadi tidak rata.

n) Katup (inlet dan outlet valve)

Katup berfungsi untuk memasukkan udara dan membuang gas hasil pembakaran dengan cara membuka dan menutup klep pada saat yang tepat. Sistem klep terdiri dari klep dan pegas untuk membuka dan menutup langsung ruang bakar, gigi *timing* untuk memindahkan putaran poros engkol ke poros nok, *tappet* (pengangkat klep) untuk membuka dan menutup klep oleh perputaran poros nok, batang pendorong (*push rod*), lengan pengungkit (*rocker arm*), pada motor dua tak tidak ada klep hisap, akan tetapi ada lubang bilas (*scavenging port*). Pembukaan klep oleh poros nok yang diputar poros engkol dengan kecepatan putaran setengah putaran poros engkol, pada batang katup terpasang pegas katup dan dudukan pegas katup.

Katup masuk terbuat dari paduan baja chrom nikel dan katup buang terbuat dari paduan baja silikon.

Perbedaan katup masuk dan katup buang meliputi :

- Katup masuk
  - Diameter katup lebih besar dari pada katup buang
  - Mudah ditarik magnit
- Katup buang
  - Diameter katup lebih kecil
  - Sukar ditarik magnit

Gambar 13. Katup masuk dan katup buang.

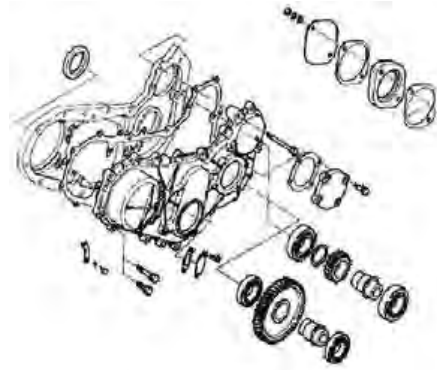
o) Poros bubungan (*Cam shaft*)

Cam shaft mempunyai satu nok untuk hisap dan satu nok untuk buang pada silinder. Bentuk nok dibuat seperti elips atau telur untuk meningkatkan effisiensi dan agar putaran motor tenang. Diameter panjang nok disebut tinggi nok dan perbedaan antara diameter panjang dan diameter pendek disebut pengangkatan nok (*cam lift*). Bentuk cam lift tempak seperti Gambar 14 berikut.

Gambar 14. *Cam shaft*.

p) Gigi timing (timing gear)

Gigi *timing* berfungsi untuk melaksanakan saat yang tepat penginjeksian bahan bakar dan pembukaan serta penutupan katup. Gigi timing terdiri camshaft diputar dengan setengah kecepatan

putar gigi poros engkol. Pada masing-masing roda gigi diberi tanda untuk menghindari kesalahan pemasangan.

Gambar 15. Gigi *timing*.

b. Sistem Bahan Bakar dan komponennya

1) **Bahan Bakar untuk Motor/ Mesin Kapal**

Bahan bakar merupakan sumber pokok yang dipakai dalam sistem pembakaran pada motor diesel

a) Jenis dan pemakaian bahan bakar

Bahan bakar adalah sejenis bahan seperti batu bara atau *beavy oil* yang dibakar secukupnya dan menghasilkan panas yang dimampatkan untuk pemanasan atau membangkitkan tenaga penggerak. Berdasarkan sifat fisiknya bahan bakar yang umum digolongkan sebagai berikut.

- Bahan bakar padat meliput : batu bara, kokas, arang.
- Bahan bakar cair meliputi : bensin, minyak tanah, minyak berat, heavy oil, dsb.
- Bahan bakar gas meliputi : gas batu bara, gas alam, dsb.

Bahan bakar yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut.

- Menghasilkan panas dalam jumlah banyak pada waktu pembakaran.
- Tersedia dalam jumlah banyak dan dapat diperoleh dengan mudah.
- Mudah disimpan dan diangkut.
- Mudah digunakan dan harga murah.

Jenis dan pemakaian bahan bakar minyak meliputi :

- Bensin, bensin penerbangan dan bensin kendaraan, digunakan juga sebagai bahan bakar motor bensin. Berat jenisnya berkisar antara 0,6 sampai 0,78 dan nilai kotor dari 11.000 sampai 12.000 kcal/kg.
- Minyak tanah (*kerosene*), minyak tanah putih, coklat dan sebagainya sebagai bahan bakar motor minyak tanah. Berat jenisnya berkisar antara 0,78 sampai 0,87 nilai kotor hamper sama dengan bensin.
- Minyak gas (*gas oil*), digunakan bahan bakar untuk motor diesel berkecepatan tinggi dan motor kepala pijar, *hot bulb engines*, serta untuk membersihkan mesin/motor. Berat jenisnya antara 0,83 – 0,88 titik pijar 60 sampai 90 ^{0}C dan nilai kotor 10.000 – 11.000 kcal/kg.
- Minyak berat (*heavy oil*), digunakan bahan bakar untuk motor kepala pijar, motor diesel dan ketel. Dari semua jenis bahan bakar, bahan bakar inilah yang paling banyak dipakai di laut.

Penggolongan dan manfaat minyak berat (*heavy oil*) berdasarkan standard industriJepang minyak tipe A, minyak tipe B, dan minyak tipe C. biasanya minyak tipe A atau tipe B banyak digunakan dalam motor/mesin diesel kecuali motor/mesin kecepatan rendah ukuran

besar yang biasanya menggunakan minyak tipe C untuk mengurangi biaya.

Sifat – sifat minyak berat meliputi :

- Berat jenis, kemampuan menyala dan pembakaran dapat diduga, sedikit banyak, berdasarkan berat jenis. Berat jenis berubah menurut suhu, karena dinyatakan dengan nilai pada 15 ^{0}C.
- Kekentalan, sangat berpengaruh terhadap kondisi penguraian, efisiensi pemindahan dan keausan pompa penyemprot bahan bakar dalam motor diesel. Kekentalan berkurang jika suhu naik. Karena itu minyak dengan kekentalan tinggi digunakan setelah dipanaskan.
- Titik nyala (*flash point*), titk pijar digunakan sebagai dasar untuk menentukan suhu pemanasan minyak atau menentukan besarnya bahaya akibat kecelakaan. Titik pijar minyak berat berkisar antar 80 ^{0}C – 120 ^{0}C .
- Titik bakar spontan, ini menunjukkan batas terendah suhu terjadinya nyala dan pembakaran secara spontan tanpa bantuan api. Titik bakar spontan minyak berat sekitar 400 ^{0}C di udara terbuka atau sekitar 220 ^{0}C yang dimampatkan dengan tekanan 26 kg/cm^2.

Minyak berat mengandung berbagai kotoran yang menyebabkan hal-hal yang merugikan motor/mesin jika jumlah terlalu banyak. Adapun kotoran yang dimaksud adalah kotoran yang terkandung dalam minyak berat meliputi :

- Kandungan karbon sisa, kandungan ini tidak terbakar dan berkumpul pada titik-titik pembakaran dan bagian lain sehingga mutu pembakaran berkurang atau tertinggal dalam silinder menyebabkan gangguan.

- Kandungan belerang, kandungan ini akan terbakar menjadi SO_2 atau SO_3 yang kemudian tercampur air membentuk asam sulfat sehingga silinder atau bagian lainnya dapat berkarat.
- Kandungan abu, abu akan melekat pada silinder dan *burner nozzles* (pembakar semprot) sehingga cepat ruak dan mengganggu pembakaran.
- Kandungan air, jika kandungan air sangat besar, hanya akan terjadi kehilangan panas tetapi juga pembakaran tak teratur. Disamping itu kandungan air biasanya mengandung bahan-bahan penyebab karat.
- Kandungan aspal, aspal hamper tak pernah terbakar, ia akan lengket pada pengabut sehingga mengganggu penyemprotan bahan bakar atau menyebabkan lengketnya cincin torak dan katup pembuangan.
- Lumpur (*suldge*), ini merupakan endapan hasil oksidasi alam bahan bakar minyak. Jika jumlahnya terlalu banyak, lumpur ini akan menyumbat pipa-pipa
- bahan bakar dan saringan atau pengabut sehingga pembakaran terganggu. Lagipula adanya endapan ini menyebabkan karbon atau jelaga melekat pada silinder atau torak.
- Nilai kalori, jumlah panas yang ditimbulkan pada pembakaran sempurna 1 kg minyak berat disebut nilai kalori. Nilai ini diperoleh dengan menghitung komponen-komponen minyak berat atau mengukurnya dengan kalori meter dengan membakar.

Bahan tambahan minyak berat, minyak berat berkualitas rendah mengandung banyak kotoran, daya bakarnya kecil dan akibat – akibat yang mengganggu seperti aus dan karatmudah terjadi. Untuk mengurangi akibat kerugian yang disebabkan adanya kotoran itu,

minyak dibersihkan dari kotoran dan diberi bahan tambahan. Adapun bahan tambahan mempunyai efek sebagai berikut.

- Memencarkan lumpur untuk membersihkan bahan bakar dengan system pemisah.
- Membersihkan kandungan air dalam bentuk emulsi.
- Menetralkan kandungan belerang untuk mencegah karat.
- Mempercepat pembakaran.

Selain tipe bahan bakar yang telah dijelaskan, ada juga bahan bakar anti ketukan (*anti knock)* untuk meningkatkan nilai oktan bensin dan bahan mempercepat penyalaan untuk memperbaiki nilai *cetana* minyak gas.

Di dalam sistem bahan bakar yang ada di kapal sangatlah rumit, maka dari itu dalam pemuatan dan penyimpanan bahan bakar harus memperhatikan beberapa hal diantaranya yaitu

- Tangki bahan bakar, untuk menyimpan bahan bakar, biasanya dipakai tangki dasar berganda. Akan tetapi, tangki bahan bakar yang didekat ruang mesin juga digunakan tangki bahan bakar dilengkapi dengan pipa pemasukan, pipa penghisap, tabung pembilas udara untuk membuang gas yang dibuang dan tabung meter untuk mengukur banyaknya minyak.
- Pemuatan minyak berat, minyak berat diakhiri dengan dari tangki minyak atau tangki darat ke tangki bahan bakar did alam kapal dengan pompa. Selama pemutaran hal-hal berikut perlu diperhatikan :
    - Memeriksa bagian-bagian tangki yang dilengkapi pintu jalan orang, pipa dan katup.

- Memeriksa apakah pipa pemuat disambung dengan baik dan mengadakan persiapan agar pipa tidak akan mengalami gangguan.
- Memastikan jumlah minyak yang ada.
- Menunjukkan jumlah muatan yang telah ditentukan sebelumnya pada tiap tangki dengan sedikit peluang sebagai pertimbangan pemuaian minyak.
- Memulai pemuatan di tangki yang terletak paling jauh dari tempat pemuatan.
- Memastikan pemuatan minyak merata disebelah kiri dan kanan kapal.
- Selama pemuatan, mengukur isi tiap tangki dengan teliti agar minyak tidak meluap.
- Mengukur dengan teliti jumlah minyak yang dimuat.
- Selama pemuatan berhati-hatilah dengan api karena banyaknya gas yang dibebaskan.

- Penyimpanan, karat di dalam tangki minyak dapat menyebabkan oksidasi bahan bakar minyak atau mempertinggi kandungan abu. Selain itu, dapat menyebabkan mengalirnya masuk air tawar atau air laut dan bocornya uap dari pipa pemanas. Karena itu, keadaan minyak dalam penyimpanan perlu diperiksa terus menerus. Selama penyimpanan hal.hal berikut perlu diperhatikan.
  - Mengukur suhu minyak dalam tiap tangki untuk memastikan bahwa keadaannya normal.
  - Berhati-hatilah mempertahankan ventilasi yang memuaskan. Jika gas yang menguap dari minyak berat tidak mengalir, gas dapat meledak.
  - Jangan sekali-kali menggunakan api ditempat yang kemungkinan besar berkumpul gas.

- Sesudah penyimpanan sangat lama akan terbentuk endapan, sebaiknya minyak habis dipakai selama enam bulan.

b) Tekanan bahan bakar

Tekanan bahan bakar motor diesel memiliki beberapa model/tipe di antaranya meliputi model tekanan udara dan model udara dengan tekanan lebih rendah (air less injection type).

- Model tekanan udara

  Pada model tekanan udara motor diesel ini bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder dengan udara pada tekanan tinggi. Dahulu motor-motor diesel mempergunakan tipe ini. Tekanan injeksi agak rendah kira-kira 60 – 70 kg/cm^2. Dengan menyemprotkan bahan bakar dan udara bersama-sama pada saat yang sama. Bahan bakar membentuk ukuran kabut yang seragam dan pusaran akibat tekanan udara, mengakibatkan pembakaran yang lebih baik. Keuntungan utama dari cara ini adalah dapatnya dipakai bahan bakar dengan viskositas (kekentalan) tinggi serta mutu rendah. Tetapi cara ini memerlukan kompresor udara untuk menekan udara dan hal ini menurunkan tenaga mesin, ada kemungkinan kompresornya dapat rusak.

- Model udara dengan tekanan lebih rendah (air less injection type)

  Model ini tidak membutuhkan tekanan udara, hanya bahan bakar disemprotkan langsung ke dalam silinder. Akibatnya tidak ada kerugian tenaga oleh kompresor atau kemungkinan rusaknya kompresor. Untuk mendapatan perbaikan dalam hal bentuk pengabutan bahan bakar dan pembakaran, sudut dari penyemprotan, jumlah nozzle, tekanan penyemprotan dan bentk

ruang bakar, maka perencanaan – perencanaan ini ditunjukkan untuk mendapatkan efisiensi thermis yang tinggi.

c) Kondisi tekanan bahan bakar

Bila waktu penyemprotan bahan bakar untuk mendapatkan proses pembakaran yang lengkap adalah sangat singkat, apalagi waktu yang dibutuhkan untuk bercampurnya bahan bakar lebih singkat lagi, maka dari itu ada beberapa syarat untuk bentuk pengabutan dan penyemprotan sangat diperlukan meliputi hal berikut.

- Atomisasi (pengabutan), atomisasi menjadi bahan bakar berbentuk kabut yang halus dan rata. Hal ini memperbesar luas permukaan penyebaran bahan bakar beralih kebentuk panas yang memperbaiki sifat penyalaan dan pembakaran. Kabut tersebut terbentuk oleh dorongan yang diberikan kepada bahan bakar melalui injeksi pada *nozzle* dengan suatu tekanan. memperbesar tekanan berarti memperhalus kabut. Bila tekanan rendah, atomisasi (pengabutan)nya kurang baik dan bahan bakar akan mengalir keluar melalui *nozzle* dalam bentuk pancuran yang mengakibatkan kesulitan proses pembakaran. Sebaliknya bila kabut terlalu halus, proses pembakaran juga kurang baik. Alasannya adalah bila aliran bahan bakar terlampaui halus dan dalam perjalanannya ke ruang bakar, bahan bakar tersebut bertemu dengan udara yang pekat, maka kedua zat itu berubah menjadi gas
- Tenaga penetrasi, dalam udara yang pekat dibutuhkan suatu tenaga untuk mengalirkan bahan bakar. Untuk melakukannya dibutuhkan tenaga kinetis yang besar.
- Distribusi (penyaluran), untuk menaikkan tekanan efektif rata-rata, seluruh udara dalam silinder harus dipergunakan untuk pembakaran. Dengan kata lain sangat penting untuk membuat

akses udara sekecil mungkin. Udara yang tidak tersentuh oleh semprotan bahan bakar tidak akan dipakai dan daerah dimana tetesan bahan bakar terlalu banyak akan menghasilkan proses pembakaran yang kurang sempurna karena kekurangan jumlah udara.

- Penyebaran, bila bahan bakar diinjeksikan/dialirkan dibawah tekanan tinggi ke udara, ukuran butiran akan mengecil dan kecepatan aliran akan menurun secara nyata. Butiran bahan bakar akan membesar dan bertendensi untuk menetes. Bagaimanapun bila kecepatan injeksi terlalu rendah, bahan bakar di dorong ke dalam aliran yang halus/tipis bila tersentuh dengan udara, ini akan membentuk ruang lingkaran karena tegangan permukaan.
- Jarak penetrasi, untuk pemakaian penuh udara dalam ruang bakar, bahan bakar harus disebarkan merata kedalam ruang bakar. Untuk memperoleh hal ini jarak penetrasi penting diperhatikan. Tidak hanya cukup dengn beberapa fungsi yang diperlukan untuk kebutuhan injeksi bahan bakar seperti tersedia pada ruang bakar, pompa injeksi/aliran dan *nozzle* (klep injeksi/saluran injeksi).

2) **Sistem Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel**

Merupakan sistem paling penting diantara sistem-sistem yang lain, dengan sistem injeksi bahan bakar baik akan menghasilkan tenaga motor yang maksimal, sebaliknya jika sistem injeksi tidak bekerja dengan baik maka tenaga motor tidak maksimal.

Sistem injeksi bahan bakar pada motor diesel meliputi beberapa bagian yang berkaitan dengan bahan bakar, yang mempunyai fungsi mengisap

bahan bakar dari tangki bahan bakar, memompakan bahan bakar menuju ke ruang bakar dengan tujuan mendapatkan tenaga.

Ketentuan sistem injeksi bahan bakar motor diesel meliputi hal berikut.

- Harus dapat memberikan sejumlah bahan bakar, sistem injeksi bahan bakar harus setiap saat tertentu bias memberikan sejumlah bahan bakar ke setiap silinder motor diesel.
- Tepat dalam sistem injeksinya, bahan bakar dapat diinjeksikan ke dalam tiap-tiap silinder dengan tepat pada saat kemungkinan motor diesel dapat menghasilkan tenaga yang maksimal, bahan bakar dalam penginjeksiannya terlalu lambat maupun cepat dapat mengakibatkan kerugian tenaga.
- Pengabutan bahan bakar sepenuhnya harus tercampur dengan udara untuk pembakaran yang sempurna, dalam hal ini bahan bakar harus dikabutkan menjadi partikel-partikel yang sangat halus. Dengan demikian penginjeksian bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder motor diesel harus tepat sesuai dengan kebutuhan.
- Pengendalian kecepatan distribusi bahan bakar akan sangat berpengaruh dalam kerja motor diesel.

a) Fungsi sistem injeksi bahan bakar

Berdasarkan sistem injeksi bahan bakar pada motor diesel, maka fungsi penginjeksian meliputi hal berikut.

- Menyimpan bahan bakar.
- Menyaring bahan bakar.
- Memompa atau menginjeksian bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder motor diesel.
- Mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder motor diesel.
- Memajukan saat penginjeksian bahan bakar.

- Mengatur kecepatan motor diesel sesuai dengan beban melalui pengaturan penyaluran bahan bakar.
- Mengembalikan sejumlah bahan bakar yang tidak sempat dikabutkan ke dalam tangki bahan bakar.

b) Komponen – komponen sistem injeksi bahan bakar motor diesel

Pada sistem bahan bakar motor diesel, *feed pump* menghisap bahan bakar dari tangki bahan bakar kemudian bahan bakar disaring oleh *fuel filter* dan kandungan air yang terdapat pada bahan bakar dipisahkan oleh *fuel sedimenter* sebelum dialirkan ke pompa bahan bakar. Rakitan pompa injeksi terdiri dari pompa injeksi, *governor*, *timer* dan *feed pump.*

Didalam sistem injeksi bahan bakar motor diesel dapat dibedakan menjdai 2 bagian yang meliputi :

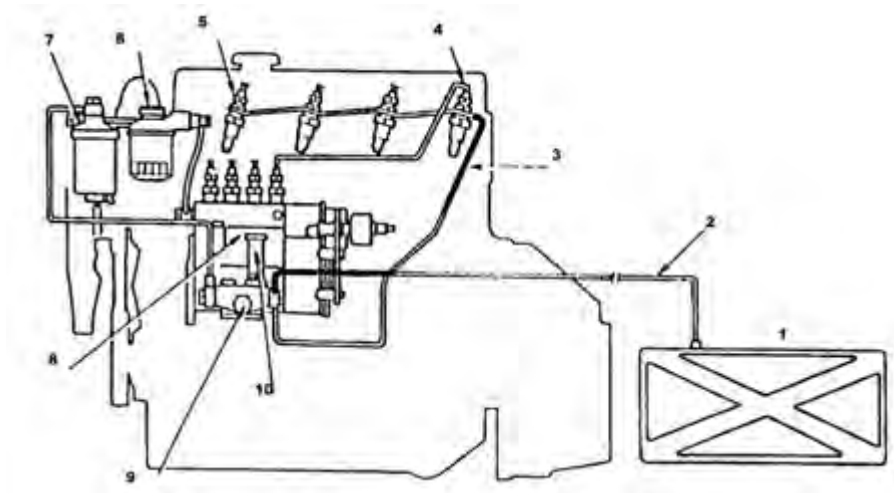
- Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris (*inline fuel injection pump*).
- Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi *distributor.*

Dengan digerakkan oleh motor, pompa injeksi menekan bahan bakar dan mengalirkannya melalui *delivery line* ke *injection nozzle* dan selanjutnya diinjeksikan ke dalam silinder menurut urutan pengapian.

c) Sistem injeksi bahan bakar

Pada sistem injeksi bahan bakar motor diesel menggunakan pompa injeksi sebaris dan pompa injeksi distribusi. Adapun penjelasan masing – masing pompa injeksi meliputi

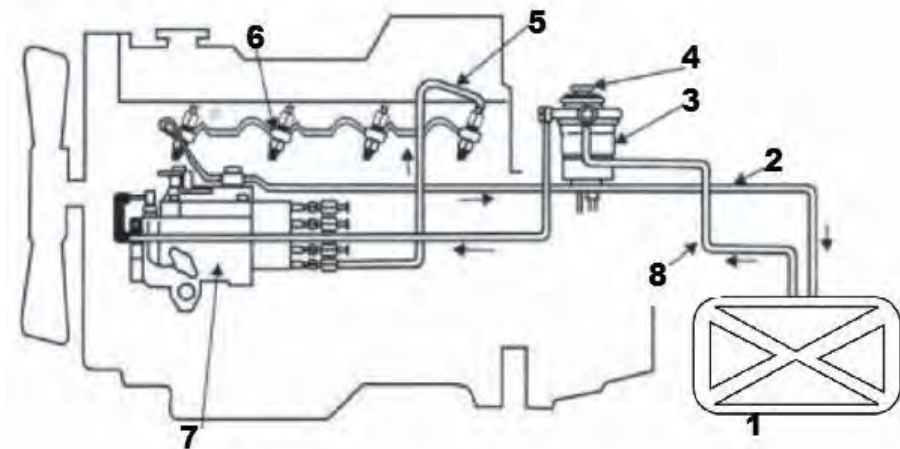
(1) Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris (inline fuel injection pump)

Pada sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris, terdiri dari empat elemen pompa yang melayani empat buah silinder. Dengan demikian tiap silinder motor diesel akan dilayani oleh satu elemen pompa secara individual. Pada gambar 16 menjelaskan aliran bahan bakar pompa injeksi tipe in line.

Gambar 16. Aliran bahan bakar pompa injeksi tipe *in line*

Keterangan gambar aliran bahan bakar injeksi tipe *in line*.

1. *Fuel tank*.
2. *Fuel line*.
3. *Fuel return line*.
4. *Delivery line*.
5. *Injection nozzle*.
6. *Fuel filter*.
7. *Water sedimenter.*
8. *Injection pump assembly*.
9. *Feed pump*.
10. *Priming pump*.

(2) Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi distributor

Pada sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi distributor, pompa injeksinya hanya memiliki satu buah elemen pompa yang akan melayani empat buah silinder motor diesel melalui saluran distribusi pada pompa. Pada gambar 17 menjelaskan aliran bahan bakar pompa injeksi tipe distributor.

Gambar 17. Aliran bahan bakar pompa injeksi tipe *distributor*

Keterangan gambar aliran bahan bakar pompa injeksi tipe *distributor* yaitu :

1. *Fuel tank*.
2. *Fuel return line*.
3. *Water sedimenter and fuel filter*.
4. *Priming pump*.
5. *Delivery line*.
6. *Injection nozzle*.
7. *Injection pump assembly*.

Pada umumnya pompa injeksi sebaris (*inline fuel injection pump*) digunakan untuk motor diesel bertenaga besar dengan ruang bakar langsung dan penyemprotan langsung (*direct injection*), sedangkan pompa injeksi tipe *distributor* banyak digunakan untuk motor diesel bertenaga menengah dan kecil dengan ruang bakar tambahan.

d) Komponen – komponen sistem injeksi bahan bakar

Secara umum komponen-komponen injeksi bahan bakar mesin diesel meliputi beberapa bagian yaitu :

a. Tangki bahan bakar (*fuel tank).*
b. Saringan bahan bakar (*fuel filter*).
c. Pompa pemindah bahan bakar (*fuel transfer pump*).
d. Pompa injeksi bahan bakar (*fuel injection pump).*
e. Pipa – pipa injeksi bahan bakar (*fuel injection lines).*
f. *Injector* (*fuel injector*).
g. Pipa-pipa pengembali bahan bakar (*fuel return lines*).

Komponen-komponen pendukungnya meliputi :

- Pengatur kecepatan (*governor*).
- Pengatur untuk memajukan saat injeksi otomatis (*advancer/ atomatic timer*).

Komponen-komponen tersebut dirangkai satu kesatuan saling berkaitan untuk penginjeksian bahan bakar kedalam silinder motor diesel dengan tepat dan jumlah yang tepat dalam rangka menghasilkan tenaga motor yang maksimal

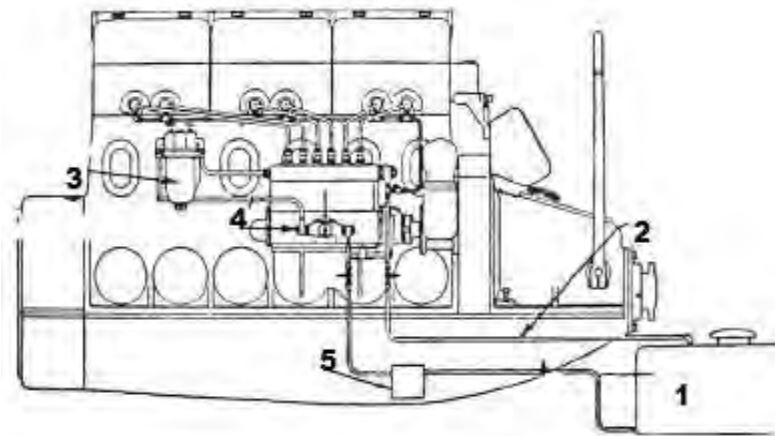
e) Tangki bahan bakar (fuel tank)

Tangki bahan bakar berfungsi menyimpan atau menampung bahan bakar. Tangki bahan bakar dibuat dengan berbagai ukuran dan tiap

ukuran, bentuk tangki dirancang untuk maksud persyaratan tertentu.

Kapasitas tangki harus cukup untuk digunakan dalam jangka waktu tertentu. Bentuk dan ukuran tangki tergantung pada ketersediaan tempat (*space*) serta kapasitas yang dikehendaki. Pada instalasi penggerak kapal tangki bahan bakar terdiri dari 2 jenis berdasarkan penggunaan bahan bakarnya yaitu :

1. Tangki bahan bakar harian.
2. Tangki bahan bakar utama/cadangan.

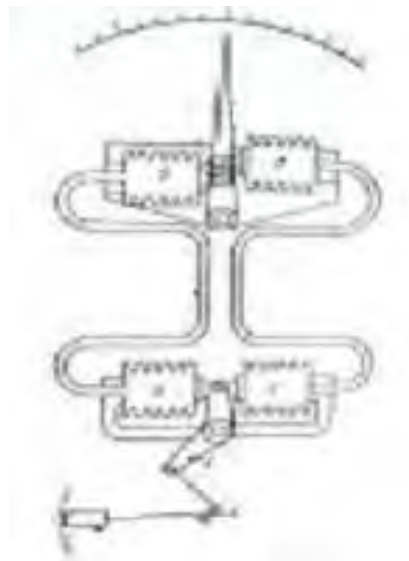
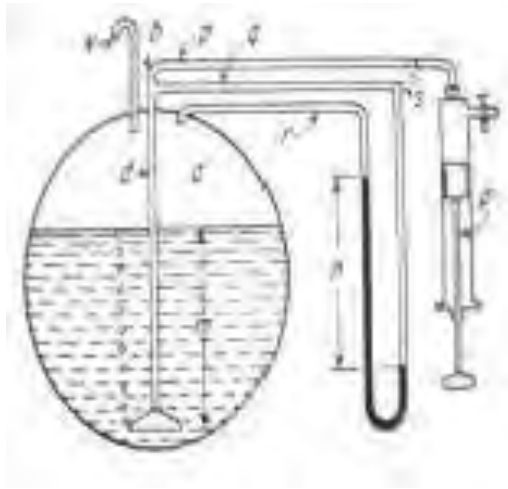
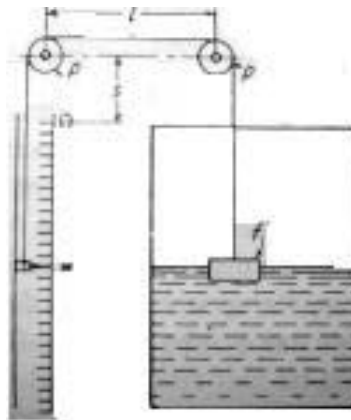
Berikut adalah gambar bentuk tangki dasar berganda pada sebuah kapal.

Gambar 18. Tangki dasar berganda.

Keterangan gambar

1. Saluran dari tangki bahan bakar.
2. Saluran kembali ke tangki bahan bakar.
3. Saringan bahan bakar.
4. Pompa perpindahan.
5. Saringan bahan bakar utama.

Tangki harian bahan bakar harus tertutup untuk mencegah masuknya kotoran, namun demikian harus mempunyai lubang pernafasan (*ventilation*) dan untuk lubang pengisian bahan bakar sebagai pengganti bahan bakar yang telah dipakai disambungkan dengan tangki utama/cadangan agar bahan bakar yang berada di tangki harian tetap terisi. Tangki harian terdapat tiga lubang yaitu :

a. Lubang untuk pengisian.
b. Lubang untuk keluar bahan bakar.
c. Lubang untuk saluran kebocoran bahan bakar (*fuel overflow/fuel leak – off*).

Untuk mengetahui jumlah bahan bakar pada tangki, maka pada tangki bahan bakar dilengkapi dengan alat pengukur jumlah bahan bakar yang disebut indikator permukaan bahan bakar. Alat ini dapat dikategorikan menjadi dua yaitu pengukur jenis tekanan dan pengukur jenis volume dengan pelampung, seperti terlihat pada gambar 19, 20 dan 21.

Gambar 19. Indikator jenis volume.

Gambar 20. Indikator jenis tekanan.

Gambar 21. Indikator jenis pelampung.

(1) Pemeliharaan tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar biasanya mengalami persoalan, yaitu adanya kebocoran, pengembunan dan kotor. Untuk membersihkan dan memperbaiki tangki bahan bakar harus hati-hati karena dapat membahayakan. Bila perbaikan tangki dilakukan didekat percikan api, rokok, atau nyala api maka dapat mengakibatkan kebakaran. Langkah pemeriksaan dan perbaikan pada tangki bahan bakar adalah sebagai berikut:

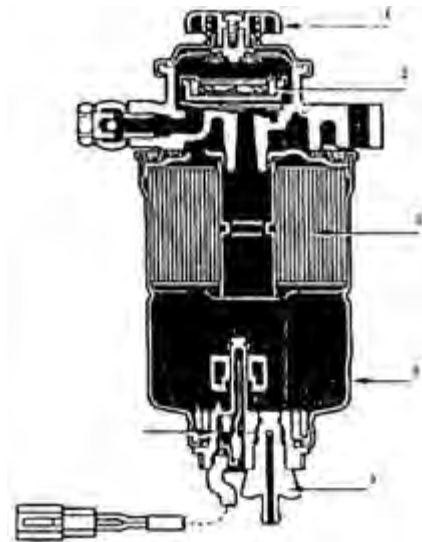
- Melepaskan tangki bahan bakar dari unit motor
- Membersihkan tangki bahan bakar dengan menggunakan uap atau air panas
- Memngeringkan tangki bahan bakar dengan udara kompresor
- Memeriksa kebocoran tangki dengan dua cara berikut:
    - Cara basah, cara ini dilakukan dengan menutup lubang keluar tangki dan membersihkan permukaan sampai kering. Selanjutnya tangki diletakkan ditempat yang mudah dilihat seluruh permukaannya. Tangki diisi dengan air sedangkan lubang masuk tangki dihubungkan dengan udara yang bertekanan. Bila terdapat kebocoran dapat dilihat adanya titik-titik air pada permukaan tangki bahan bakar tersebut.
    - Cara tekanan udara, cara ini adalah dengan menutup lubang masuk sedangkan lubang keluar dihubungkan dengan udara bertekanan. Selanjutnya tangki bahan bakar di rendam ke dalam air. Bila terdapat kebocoran akan muncul gelembung (*bubbles*).
- Bila ada kebocoran dilanjutkan dengan pematrian (*soldering*) atau pengelasan (*welding*).

f) Saringan bahan bakar (fuel filter)

Pompa injeksi dan *nozzle* dibuat dengan presisi pada ketelitian 1/1000 mm, kemampuan motor diesel akan sangat terpengaruh bila bahan bakar tercampur partikel atau air. Penyaringan bahan bakar motor diesel sangat penting karena bahan bakar diesel cenderung tidak bersih baik dari kotoran partikel maupun air. Saringan bahan bakar berfungsi untuk mencegah masuknya kotoran atau air yang

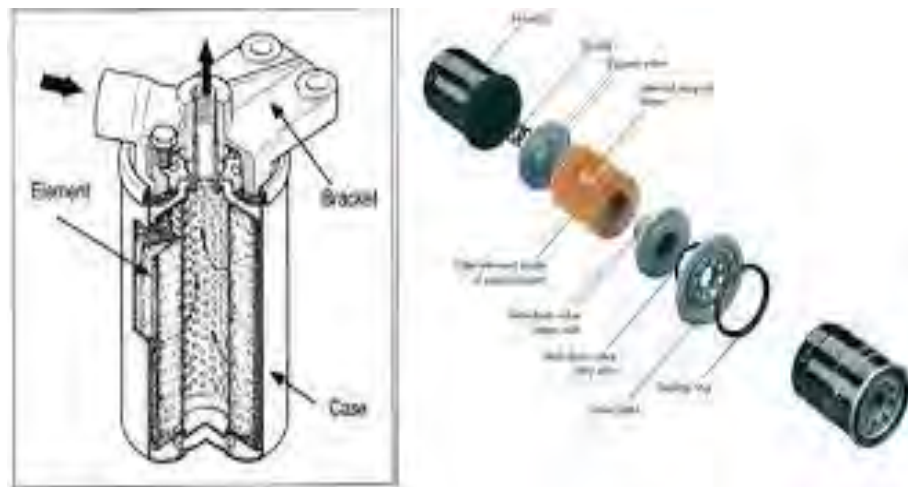
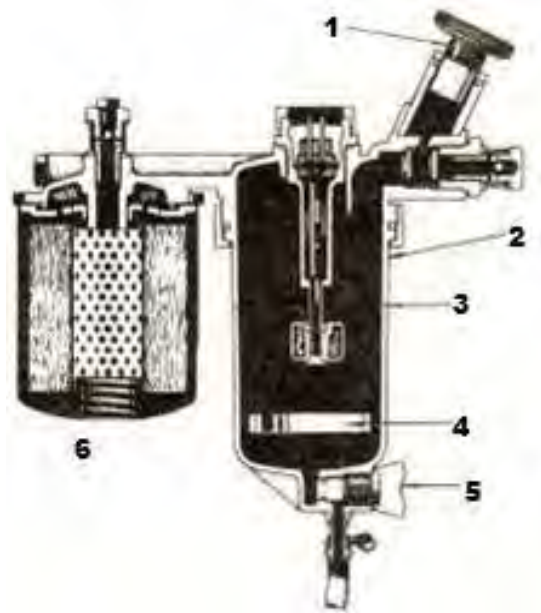
terbawa oleh bahan bakar dari tangki harian atau tangki utama/cadangan.

Pada instalasi motor diesel penggerak utama kapal umumnya menggunakan saringan jenis kantong. Terdiri dari kantong ukuran rapat yang ditahan dalam bentuk silinder dengan permukaan heliks oleh dua buah pegas heliks, satu pegas dari sisi dalam terbuat dari kawat yang agak berat, pegas dari sisi luar terbuat dari kawat yang lebih ringan. Menurunkan kecepatan fluida melalui kain sehingga memberikan efisiensi penyaringan yang lebih baik dengan penurunan tekanan sedikit. Kantongnya harus dari benang wol karena kain kapas akan memungkinkan bahan bakar mengambil seratnya. Selain jenis kantong terdapat pula jenis saringan lainnya yaitu saringan sinter dan saringan fuller.

Saringan bahan bakar untuk pompa injeksi tipe distributor kebanyakan digabung dengan *priming pump* dan *water sedimenter*. Berikut adalah gambar saringan bahan bakar untuk pompa injeksi tipe distributor.

Gambar 22. Saringan bahan bakar untuk pompa injeksi tipe *distributor*

Keterangan gambar

1. *Priming pump*.
2. *Fuel heater*.
3. *Fuel filter element*.
4. Sedimenter.
5. *Drain cock*.
6. Sedimenter *switch assembly*.

Saringan bahan bakar untuk pompa injeksi tipe *in-line* menggunakan filter dengan elemen kertas. Pada bagian atas filter body terdapat sumbat ventilasi udara yang digunakan untuk mengeluarkan udara yang mungkin dapat tercampur dengan bahan bakar. Pada saat sumbat ventilasi udara dilonggarkan gerakan pompa mengeluarkan udara dari sistem bahan bakar. Berikut adalah gambar saringan bahan bakar untuk pompa injeksi tipe in line dan saringan bahan bakar sedimenter.

Gambar 23. Saringan bahan bakar untuk pompa injeksi tipe in-line

Gambar 24. Saringan bahan bakar sedimenter

Keterangan gambar

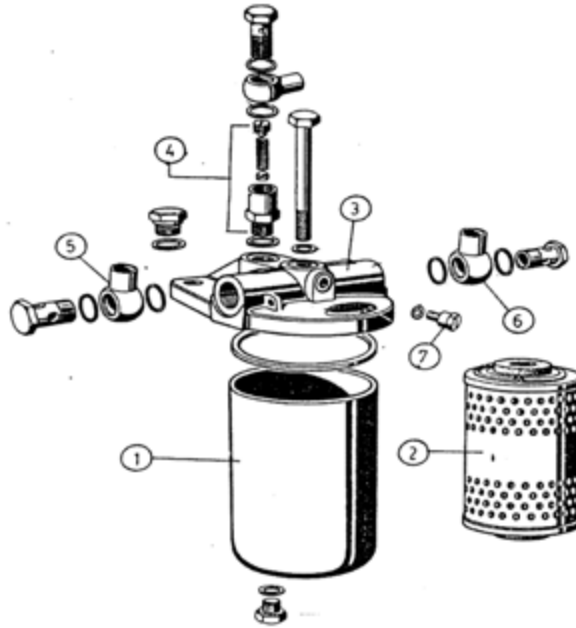
1. *Priming pump*.
2. *Sedimenter*.
3. *Switch* tanda air penuh.
4. Pelampung.
5. *Darin cock*.
6. Saringan bahan bakar.

Untuk memisahkan air dan bahan bakar digunakan *water* sedimenter yang bekerja berdasarkan sifat gravitasi air yang lebih besar daripada bahan bakarnya. Bila air sampai masuk ke dalam elemen pompa maka dapat menyebabkan kerusakan pada elemen pompa karena korosi dan pengabutan menjadi terganggu.

Pada sistem injeksi bahan bakar sering dijumpai lebih dari satu penyaringan bahan bakar yaitu :

- Penyaring pada tangki (*filter screen*) atau pada pompa pemindah yang berfungsi menahan partikel besar.

- Penyaring primer (*primary filter)* berfungsi menyaring partikel-partikel kecil.
- Penyaring sekunder (*secondary filter*) berfungsi menyaring partikel lembut.

Berikut adalah gambar bagian – bagian saringan bahan bakar.

Gambar 25. Bagian- bagian saringan bahan bakar

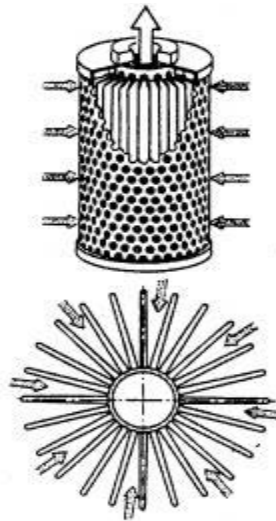
Keterangan

1. Rumah saringan.
2. Saringan halus.
3. Tutup saringan.
4. Katup pengalir.
5. *Nipel* keluar.
6. *Nipel* masuk.
7. Sekrup pembuang udara.

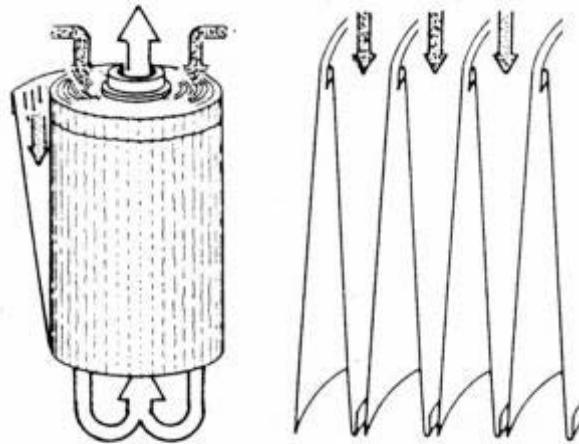
(1) Macam – macam saringan bahan bakar

Di dalam saringan bahan bakar pada motor diesel ada beberapa macam saringan halus yaitu saringan kertas model bintang, saringan kertas model gulung, dan saringan kain. Adapun penjelasan masing – masing model saringan yaitu :

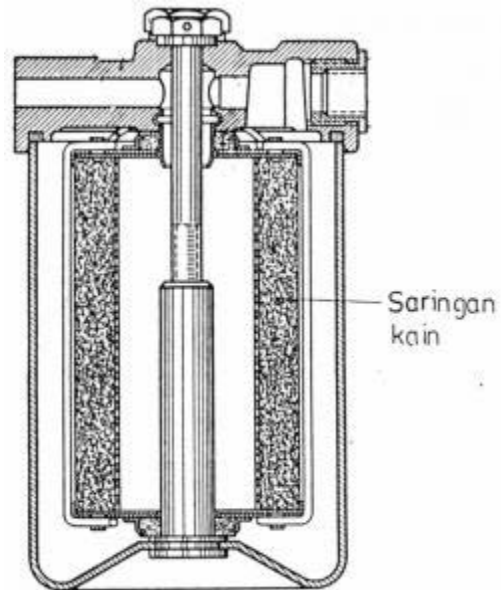
- Saringan kertas model bintang.

  Bahan bakar solar termasuk bahan bakar yang banyak mengandung kotoran, masuk dari bagian luar saringan halus, karena bentuk sudut saringan model V sehingga bagian luar lebih besar bentuknya dan mampu menampung banyak kotoran. Untuk stabilitas diberi pembungkus berlubang-lubang yang ada diluar dan dalam yang terbuat dari pelat.

Gambar 26. Bentuk saringan halus.

- Saringan kertas model gulung

  Bahan bakar solar masuk melalui bagian atas saringan bahan bakar.

Gambar 27. Bentuk saringan kertas gulung.

- Saringan kain

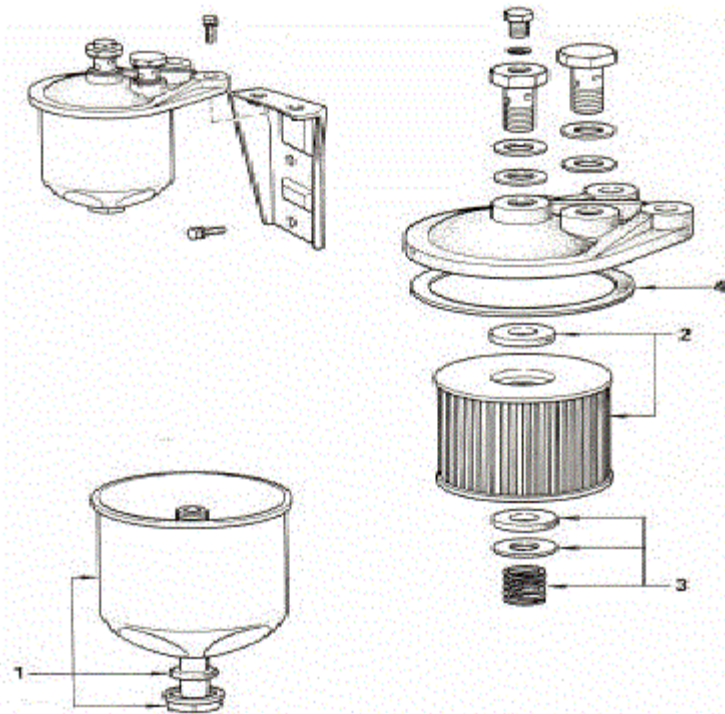
  Pada saringan kain ini diisi dengan benang – benang yang dipress.pada gambar 28 adalah gambar saringan bahan bakar model kain.

Gambar 28. Bentuk saringan kain.

(2) Pemeliharaan saringan bahan bakar

Pada saat pelaksanaan pemeliharaan saringan bahan bakar yang harus dilakukan adalah pembongkaran, pembersihan dan perakitan.

- Pembongkaran saringan bahan bakar

  Saringan bahan bakar pada motor diesel secara ideal tidak hanya satu buah, tetapi dapat berjumlah 3 buah saringan yaitu

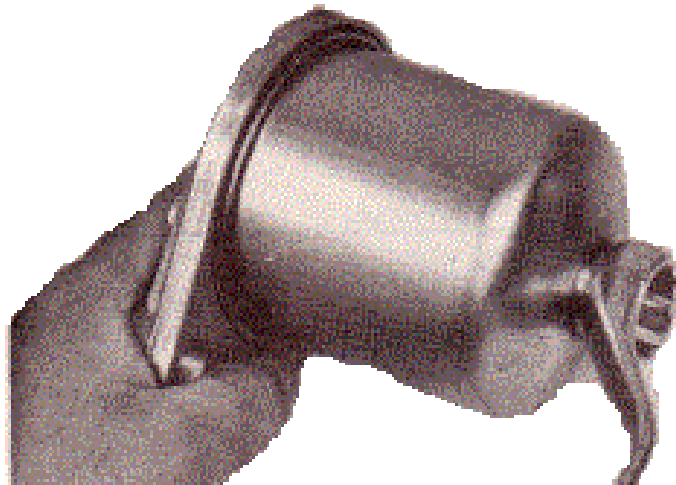
  1) Saringan pada tangki.
  2) Saringan primer (untuk menyaring partikel kecil).
  3) Saringan sekunder (untuk menyaring patikel halus).

Gambar 29. Urutan pembongkaran saringan bahan bakar.

Keterangan gambar

1. Baut tengah, *packing* dan bodi bawah
2. *Packing* dan elemen.

3. *Packing*, pelat dan pegas
4. *Packing*.

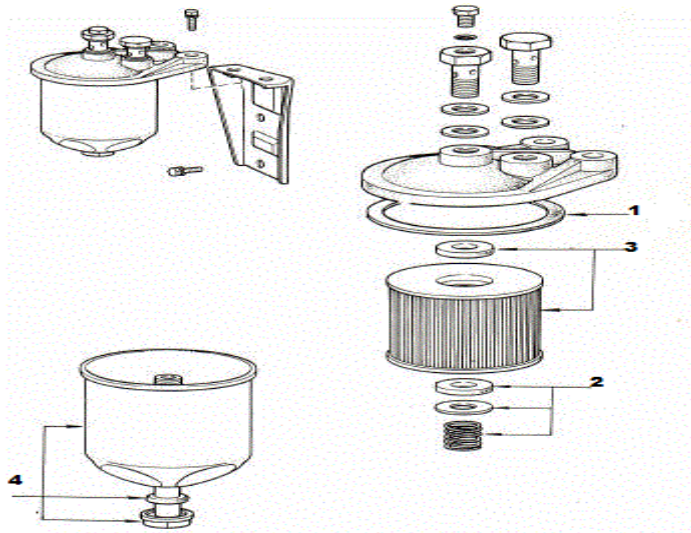
Dalam hal ini pembongkaran dilakukan dengan tahapan yang meliputi :

1) mengendorkan baut pengikat dan melepaskan bodi bagian bawah.
2) membersihkan bagian-bagian yang dibongkar.
3) memeriksa lubang di bagian tengah dari kemungkinan tersumbat, kotor atau bengkok.

Gambar 30. Membuka bodi bawah saringan bahan bakar.

- Perakitan saringan bahan bakar

  Perakitan saringan bahan bakar dapat dilakukan dengan tahapan-tahapan yaitu

  1) Memasang ring O.
  2) Memasang bodi bawah dan mengencangkan bautnya.
  3) Setelah pemasangan selesai, memeriksa saringan dari kebocoran.

  Berikut ini gambar urutan perakitan saringan bahan bakar

Gambar 31. Urutan perakitan saringan bahan bakar.

Keterangan gambar

1. *Packing*.
2. *Packing*, pelat dan pegas.
3. *Packing* dan elemen.
4. Baut pengikat, packing dan bodi bawah.

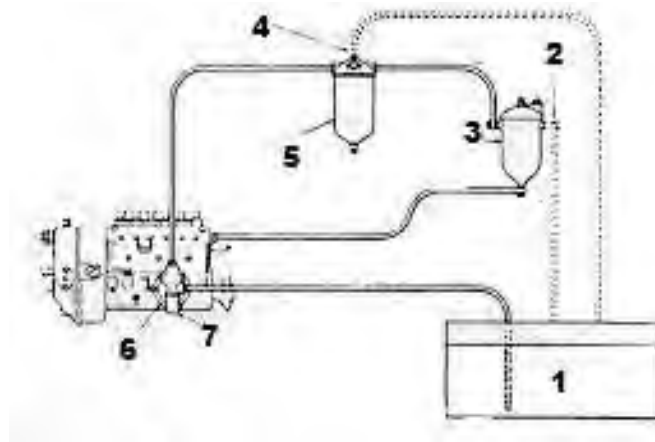
g) Pompa pemindah bahan bakar

Didalam instalasi tenaga penggerak utama kapal pompa penyalur berfungsi untuk memindahkan bahan bakar dari tangki utama/cadangan menuju tangki harian bahan bakar dan menekan bahan bakar menuju ke pompa *injector*.

Pompa pemindah bahan bakar ini berfungsi untuk mengisap bahan bakar dari tangki dan menekan bahan bakar melalui saringan bahan bakar ke ruang pompa injeksi. Pompa ini dinamakan juga pompa pemberi (*feed pump*) atau juga pompa pencatu bahan bakar (*fuel suplly pump*) atau *priming pump*.

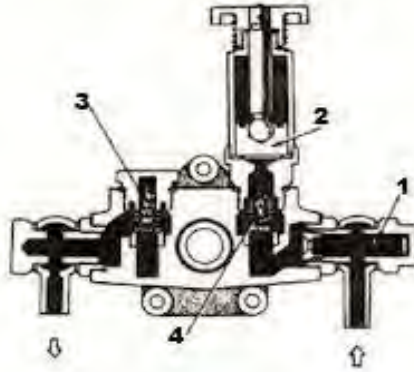
Pompa pemindah bahan bakar untuk motor diesel terdapat tiga macam yaitu meliputi hal berikut.

a. Bekerja menggunakan *plunyer*.
b. Bekerja menggunakan *membrane*/ diafragma
c. Bekerja menggunakan daun rotor untuk pompa jenis *rotary*.

Pada gambar 32 adalah tata letak pompa pemindah bahan bakar

Gambar 32. Tata letak pompa pemindah bahan bakar.

Keterangan gambar

1. *Tank*.
2. Plunger
3. *Composite filter*.
4. Valve
5. *Cloth filter*.
6. *Plunger or diaphragm feed pump*.
7. *Preliminary gauze filter.*

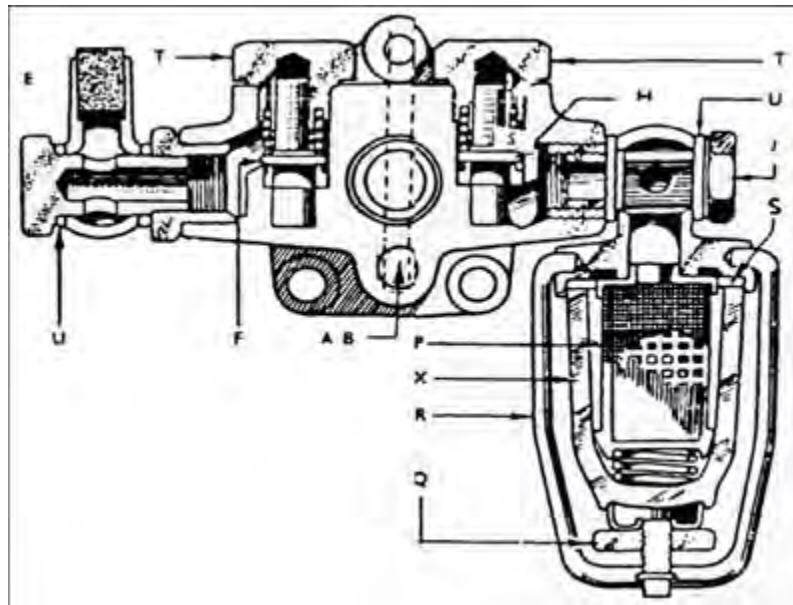
Pompa pemindah bahan bakar untuk sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris.

Gambar 33. Pompa pemindah bahan bakar

Keterangan gambar

1. *Filter.*
2. *Priming pump* piston.
3. *Check valve*.
4. *Check valve*.

Pompa pemindah bahan bakar untuk pompa injeksi tipe sebaris (*in-line*) adalah model pompa kerja tunggal (*single acting*) dipasang pada sisi pompa injeksi dan digerakkan oleh poros nok pompa injeksi. Pompa pemindah ini dilengkapi dengan pompa tangan yang berfungsi untuk membuang udara yang terdapat pada sistem bahan bakar sebelum motor diesel dihidupkan.

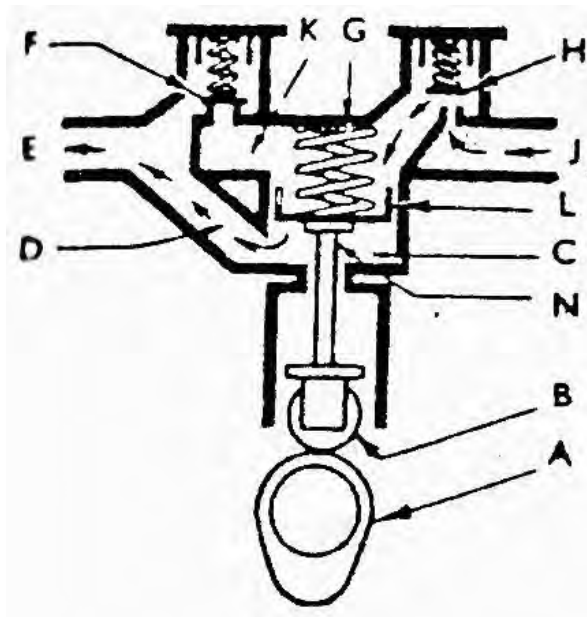
(1) Prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar (priming pump/feed pump) tipe *plunyer*

Pompa pemindah bahan bakar priming pump/feed pump jenis plunyer terpasang disisi pompa penekan bahan bakar, dan digerakkan langsung oleh *nokken* as.

Gambar 34. Komponen pompa pemindah (*priming pump*) tipe *plunyer*.

Keterangan gambar

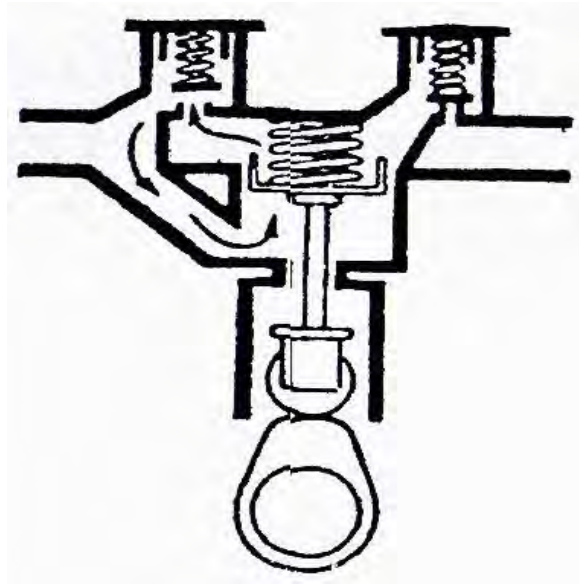
1. (E) saluran tekan/keluar.
2. (F) katup tekan.
3. (H) katup isap.
4. (J) saluran masuk.
5. (P) saringan primer.
6. (R) sengkang kawat pengikat gelas kaca.
7. (S) packing saringan gelas kaca.
8. (T) tutup katup searah.
9. (U) *packing*.
10. (X) gelas kaca.

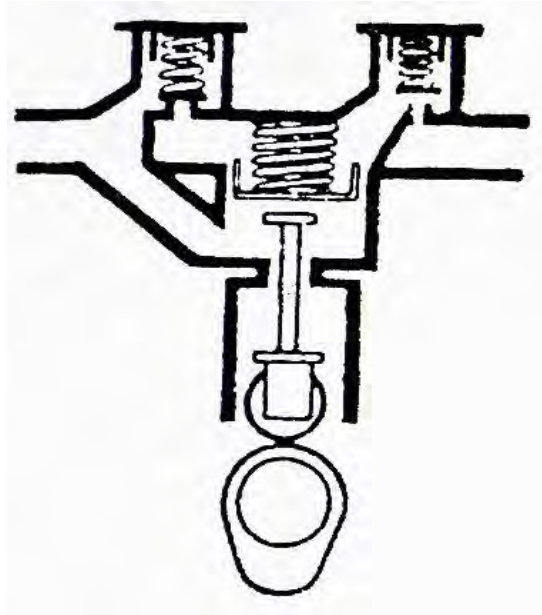
Adapun dalam penjelasan tentang prinsip kerja pompa pemindah tipe plunyer meliputi beberapa langkah seperti diperlihatkan pada gambar 35, gambar 36, dan gambar 37. Diantaranya yaitu :

Prinsip kerja 1 meliputi *plunyer* bergerak turun maka bahan bakar dihisap melalui katup dan mengisi ruangan di atas *plunyer*. Gerakan *plunyer* kebawah menyebabkan bahan bakar yang terdapat di bawah *plunyer* terdesak melalui saluran menuju ke saringan bahan bakar solar dan selanjutnya ke pompa penekan bahan bakar. Desakan bahan bakar ini disebabkan adanya tekanan pegas spiral dari *plunyer*. Seperti terlihat pada gambar 35 yang menggambarkan arah aliran bahan bakar.

Gambar 35. Prinsip kerja pompa pemindah tipe plunger

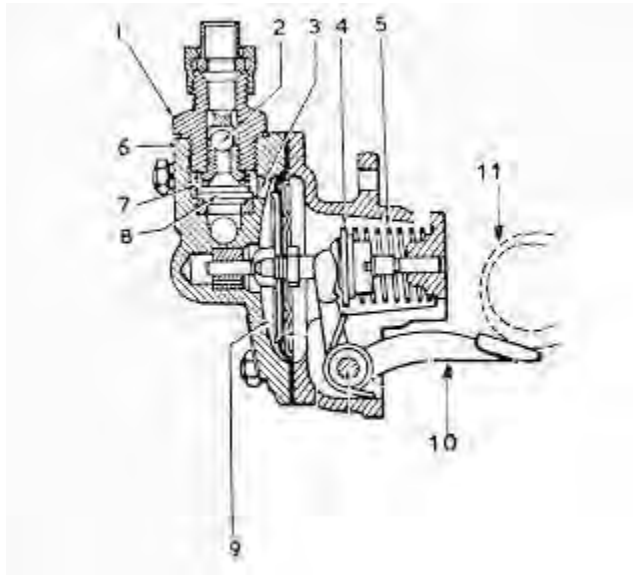
Prinsip kerja 2 meliputi *plunyer* bergerak ke atas terdorong oleh nok dari *nokken as* pompa penekan bahan bakar. Gerakan keatas dari *plunyer* mengakibatkan bahan bakar di atas *plunyer* terdesak ke atas dan katup (H) tertutup dan katup (F) terbuka.

Selanjutnya bahan bakar mengalir keluar melalui katup (F) menuju ruangan ke bawah plunyer. Dan apabila plunyer bergerak kembali ke bawah disebabkan ditekan oleh pegas

spiral, maka bahan bakar solar yang terdapat dibawah *plunyer* akan terdesak untuk keluar melalui saluran D dan E menuju saringan bahan bakar dan selanjutnya menuju ke pompa penekan bahan bakar solar dan bergerak secara terus menerus. Seperti terlihat pada gambar 36.

Gambar 36. Prinsip kerja pompa pemindah tipe plunger

Prinsip kerja 3, terlihat pada gambar 37 dibawah ini apabila hasil dari pemompaan bahan bakar solar yang dihasilkan pompa isap lebih besar dari yang dibutuhkan dan diperlukan oleh pompa penekan bahan bakar (fuel injection pump). Dalam putaran mesin stasioner/lambat akan menyebabkan motor diesel bekerja tidak sempurna.

Gambar 37. Prinsip kerja pompa pemindah tipe plunger.

(2) Prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar (*priming pump/feed pump*) tipe diafragma (diaphragm)

Pada saat motor berputar, *kruk as* memutarkan *nokken as* pompa penekan bahan bakar. *Nokken as* dari pompa bahan bakar akan menggerakkan pengungkit, sehingga membran dapat bergerak ke atas dan ke bawah. Bergeraknya membran dari atas ke bawah, di atas membran terjadi vakum sehingga bahan bakar solar dari tangki dapat terhisap masuk menuju ruang bahan bakar di atas membran Setelah bahan bakar terisap masuk ke dalam pompa isap, membran bergerak kembali dari bawah ke atas, sehingga bahan bakar solar terdesak menutup katup isap dan membuka katup desak. Terbukan;ya katup desak bahan bakar solar terdesak melalui katup yang terbuka mengalir menuju saringan bahan bakar solar selanjutnya menuju ke pompa penekan bahan bakar (fuel *injection pump*). Pada gambar 38 menunjukkan potongan pompa pemindah bahan bakar jenis diafragma.

Gambar 38. Pompa pemindah bahan bakar jenis diafragma.

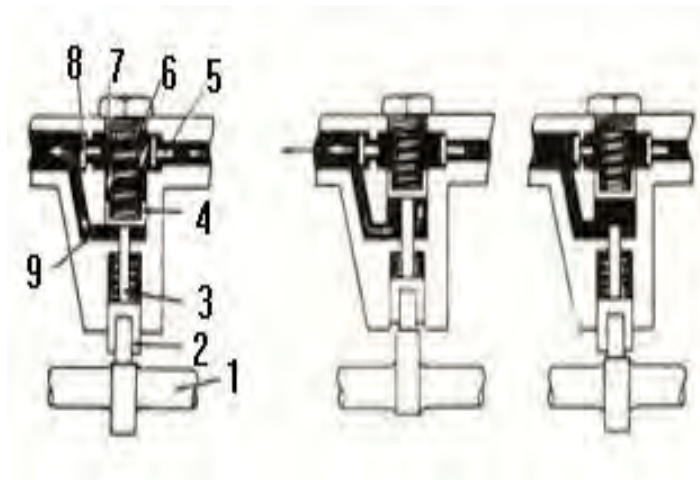
Keterangan gambar

1. Sambungan saluran keluar bahan bakar menuju saringan bahan bakar.
2. Bola baja dan katup searah.
3. Ruang bahan bakar.
4. Kedudukan pegas kerja.
5. Pegas.
6. Pegas katup searah.
7. Pegas katup searah.
8. *Membrane/diaphragm*.
9. Pengungkit.
10. *Nokken as* dari pompa penekan bahan bakar.

Demikianlah cara kerja pompa isap bahan bakar jenis membran secara terus menerus. Apabila hasil dari pemompaan bahan bakar yang dihasilkan oleh pompa isap lebih besar dari yang dibutuhkan dan diperlukan oleh pompa penekan bahan bakar

(*fuel injection pump*), dalam putaran mesin stasioner/lambat. Bahan bakar yang berlebihan akan menekan membran ke bawah melawan tegangan pegas, mengakibatkan pompa isap bahan bakar tidak bekerja. Setelah persedian bahan bakar solar pada saringan bahan bakar dan pada pompa penekan bahan bakar berkurang menyebabkan pegas kana mengembalikan kedudukan membran seperti semula yaitu akan mengisap bahan bakar solar dari tangki dan memompakan bahan bakar solar ke saringan bahan bakar solar, selanjutnya ke pompa penekan bahan bakar (*fuel injection pump*).

(3) Prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar pada pompa injeksi tipe sebaris (*in line*)

Prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar sebaris (*in-line*) yaitu *feed pump* digerakkan oleh *camshaft* pompa injeksi yang menyebabkan piston bergerak bolak-balik sehingga dapat mengisap dan mengeluarkan bahan bakar dengan tekanan.

Gambar 39. *Priming pump* untuk pompa sebaris (*in-line*)

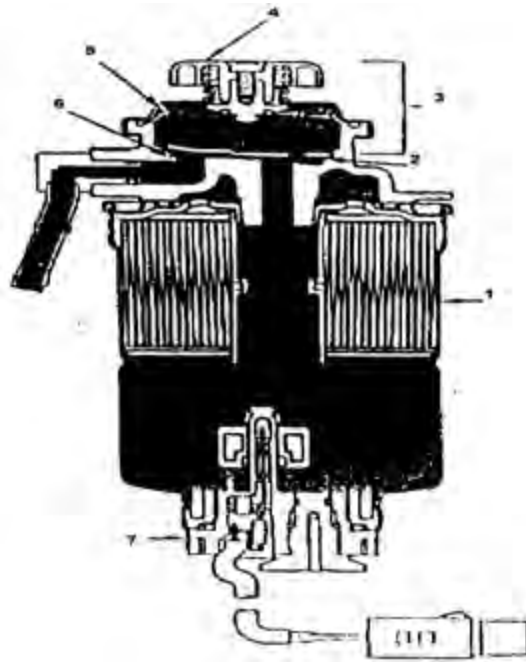
Keterangan gambar pompa pemindah bahan bakar sebaris

1. *Camshaft*.
2. *Tappet roller*.
3. *Push rod.*
4. Piston.
5. *Inlet valve*.
6. Piston *spring*.
7. *Pressure chamber*.
8. *Outlet valve*.
9. *Pressure chamber*.

Pada saat *camshaft* tidak mendorong *tappet roller*, piston mendorong *push rod* ke bawah karena adanya tegangan piston *spring*. Pada saat itu volume pada *pressure chamber* membesar dan membuka *inlet valve* untuk mengisap bahan bakar.

Camshaft terus berputar dan kadang-kadang mendorong piston melalui *tappet roller* dan *push rod*. Naiknya piston menekan bahan bakar didalam *pressure chamber*, menutup *inlet valve* dan bahan bakar dikeluarkan dengan tekanan. Sebagian bahan bakar yang dikeluarkan memasuki *pressure chamber* yang terletak dibelakang piston. Bila tekanan bahan bakar (tekanan pengeluaran) dibelakang piston naik mencapai 1,8 – 2,2 kg/cm^2 maka tegangan pegas tidak cukup kuat untuk menurunkan piston. Akibatnya piston tidak dapat lagi bergerak bolak-balik dan pompa berhenti bekerja.

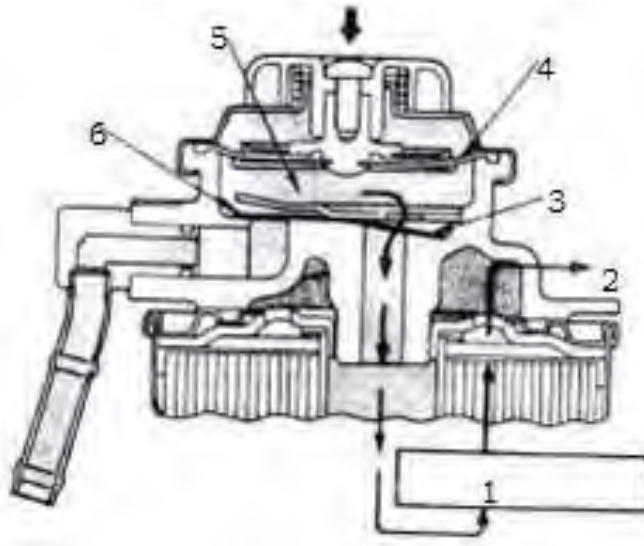
(4) Prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar pada pompa injeksi tipe distributor

Primping pump untuk pompa injeksi distributor dilengkapi dengan penyaring bahan bakar dan sedimenter.

Gambar 40. *Priming pump* untuk pompa tipe *distributor*.

Keterangan gambar

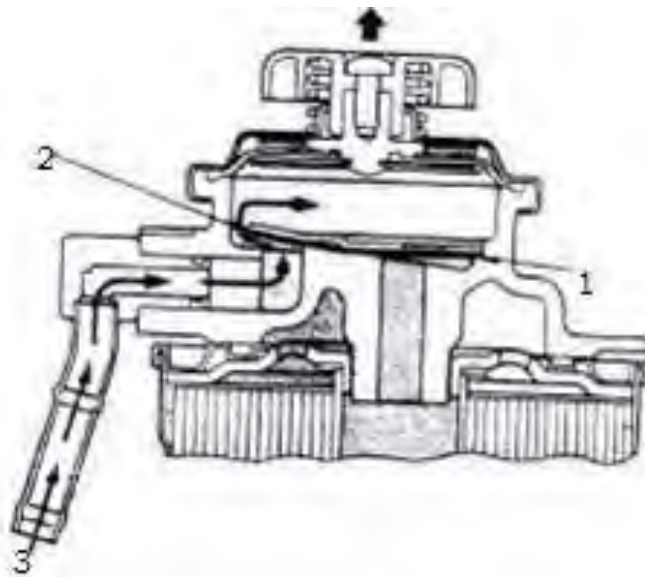
1. *Fuel filter* & sedimenter
2. *Outlet check valve*
3. Priming pump
4. Pump handle
5. Diaphragm
6. Inlet check valve
7. Fuel filter warning switch

Prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar (*priming pump*) pada gambar 41 adalah sebagai berikut :

Tekan *handle* pompa diafragma kebawah dan bahan bakar atau udara dalam ruang pompa akan membuka *outlet check valve* dan mengalir ke saringan bahan bakar. Pada saat yang sama *inlet check valve* akan menutup dan mencegah bahan bakar mengalir kembali.

Gambar 41. Penekanan priming pump untuk membuang udara.

Keterangan gambar

1. *Filter element.*
2. *To injection pump.*
3. *Outlet check valve (open).*
4. *Diaphragm.*
5. *Pump chamber.*
6. *Inlet check valve (closed).*

Pada gambar 42, Bila *handle* pompa dibebaskan, tegangan pegas mengembalikan diafragma ke posisi semula dan menimbulkan vakum di dalam ruang pompa. Hal tersebut menyebabkan *inlet valve* terbuka disebabkan adanya kevakuman dan bahan bakar akan mengalir ke dalam ruang pompa. Pada saat yang sama *outlet valve* akan menutup mencegah kembalinya aliran bahan bakar. Bekerjanya naik dan turun dengan berulang-ulang dan menyebabkan bahan bakar dikirim ke saringan bahan bakar.

Gambar 42. Pengisapan *priming pump*.

Keterangan gambar

1. *Outlet check valve (closed).*
2. *Inlet check valve (open).*
3. *From fuel tank*.

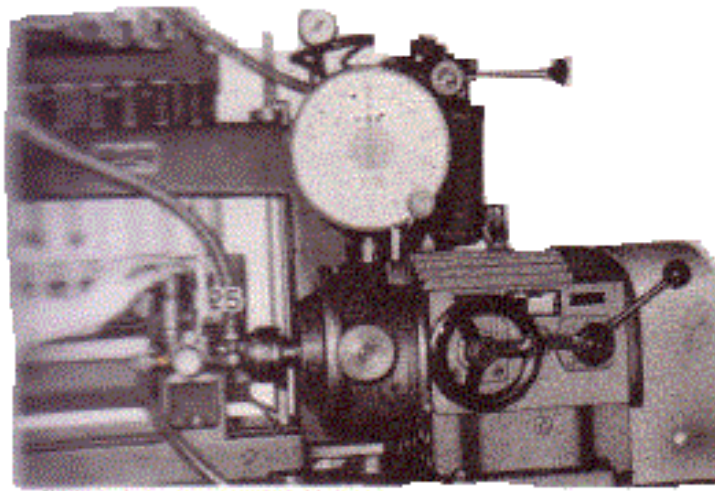
(5) Pemeliharaan pada pompa pemindah / penyalur bahan bakar

Dalam proses sistem bahan bakar pada motor diesel yang bekerja secara terus menerus, maka diperlukan pemeliharaan. Dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja motor diesel dan memelihara suku cadang pompa bahan bakar.

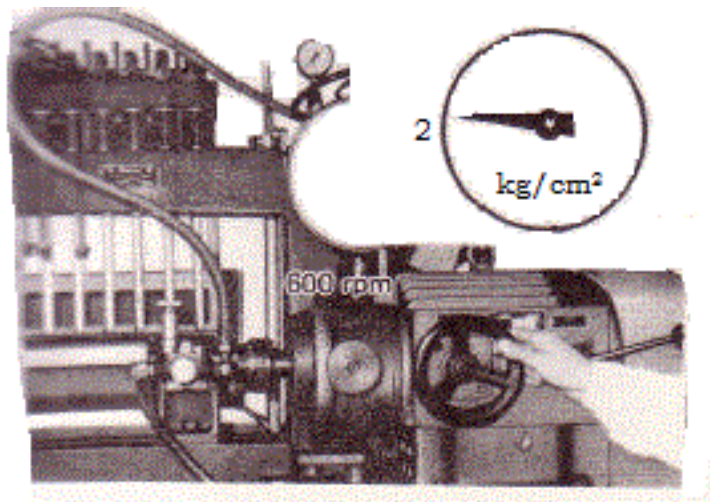
Adapun pemeliharaan pompa bahan bakar meliputi beberapa kegiatan yaitu pengujian pompa pemindah bahan bakar, pembongkaran pompa pemindah bahan bakar, pemeriksaan pompa pemindah bahan bakar, dan perakitan kembali pompa pemindah bahan bakar.

- Pengujian pompa pemindah bahan bakar

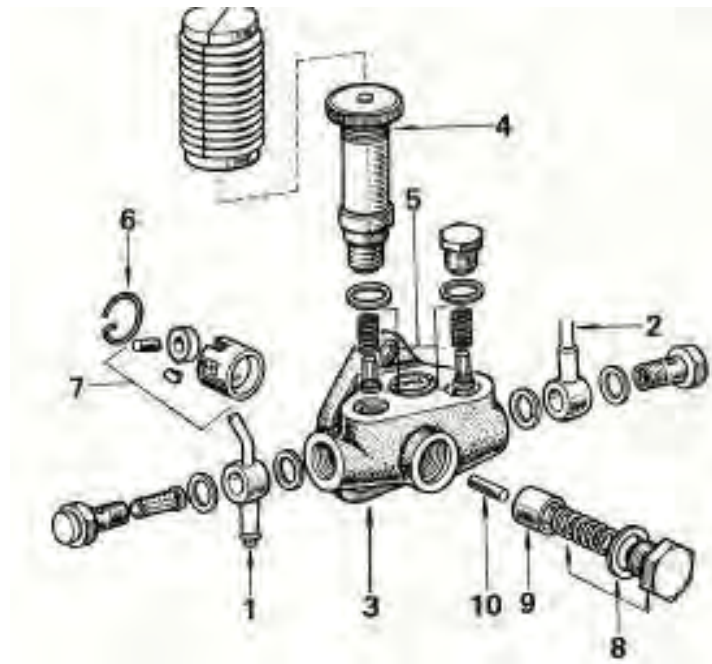
  Pengujian kapasitas hisap (dengan *test bench*)

  1) Mengoperasikan pompa pemindah bahan bakar dengan 60 langkah per menit. Pompa pemindah untuk pompa injeksi sebaris harus sudah keluar dalam 25 langkah.
  2) Mengatur penguji pompa penyalur pada 150 rpm dan menguji kapasitas hisap. Bahan bakar harus keluar dalam 40 detik.

Gambar 43. Pengujian kapasitas pompa pemindah.

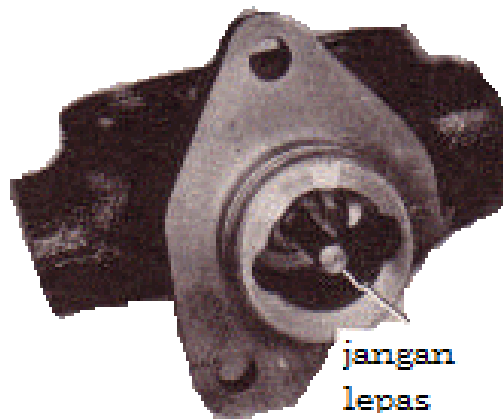
Pengujian kemampuan pompa, menghubungkan pengukur tekanan pada bagian tekanan pompa pemindah bahan bakar meliputi :

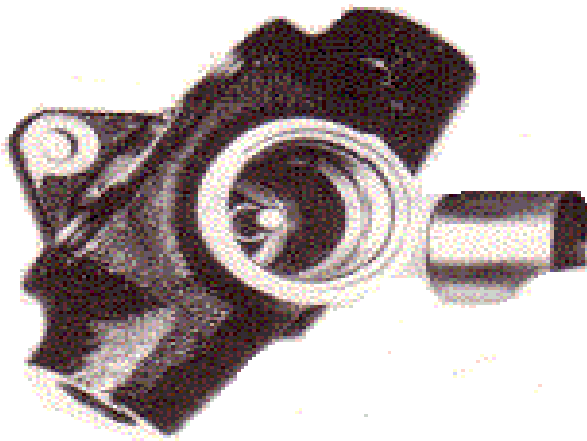
1) Pompa diputar dengan 600 rpm. Tekanan keluar lebih besar dari 1,8 – 2,2 kg/cm^2.
2) Mengoperasikan pompa pemindah pada 1000 rpm dan mengukur volume pengeluaran dari pompa lebih besar dari 900 cc/menit.

Gambar 44. Pengujian kemampuan pompa pemindah bahan bakar.

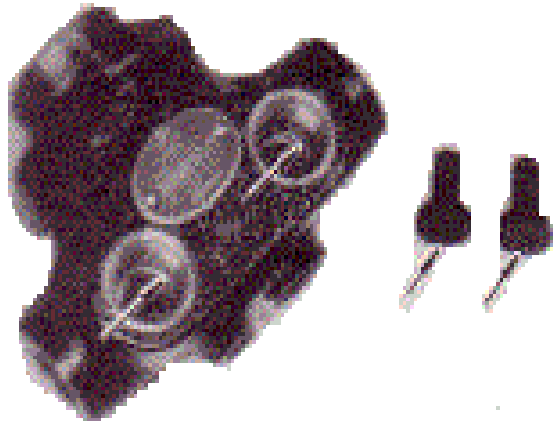
- Pembongkaran pompa pemindah bahan bakar

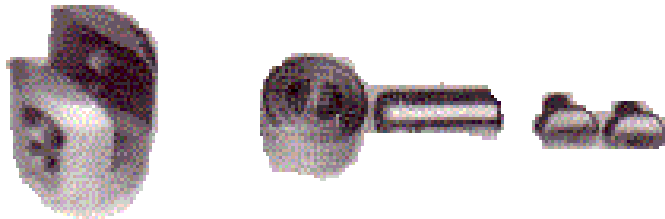
  Jika pompa pemindah bahan bakar akan dibersihkan atau diperbaiki, maka harus dibongkar terlebih dahulu sesuai dengan urutan kerja meliputi mempersiapkan beberapa peralatan (obeng, kunci ring, dan kunci pas), selanjutnya mengendorkan beberapa baut pengikat yang ada di pompa pemindah bahan bakar. Seperti terlihat pada gambar 45.

Gambar 45. Bagian-bagian pompa pemindah bahan bakar.

Keterangan gambar

1. Pipa masuk.
2. Pipa keluar.
3. Pompa penyalur.
4. Pompa *priming*.
5. *Check valve* dan pegas.
6. *Snap ring*.
7. *Tappet*.
8. Tutup ruang piston.
9. Piston.
10. Batang pendorong.

Gambar 46. Posisi batang pendorong.

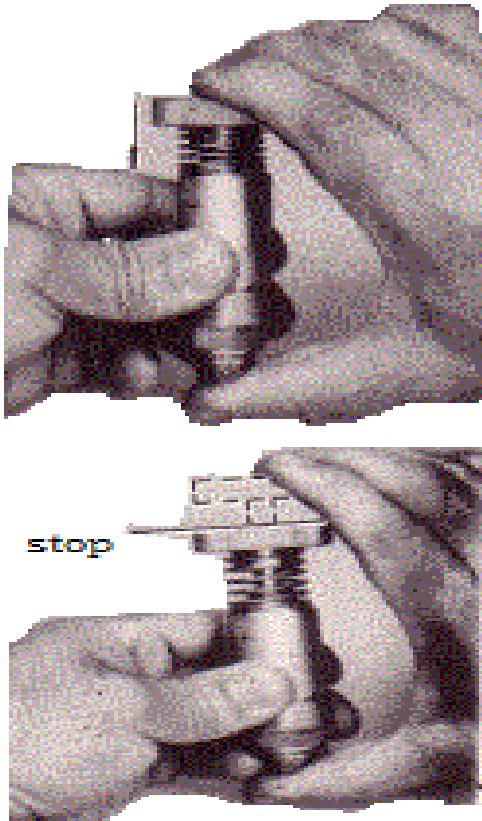
- Pemeriksaan pompa pemindah bahan bakar
  Melakukan pemeriksaan piston, batang pendorong dan rumah pompa dari keausan atau kerusakan
  Celah standar piston: 0,009 – 0,013
  Batang pendorong : 0,003 – 0,006

Gambar 47. Pemeriksaan piston pada rumah pompa.

Tahap pemeriksaan keausan pada valve dan dudukan katup pada gambar 48. meliputi lepaskan katup (valve) dari dudukan katupnya, kemudian bersihkan menggunakan solar.

Gambar 48. Pemeriksaan valve dan dudukan katup

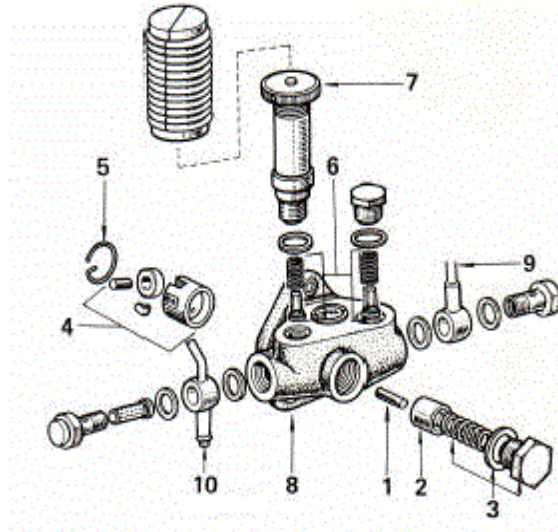
Tahap pemeriksaan keausan tappet dan roller pada gambar 49. Dengan cara lepaskan semua komponen yang terdiri dari tappet, pin roller, dan roller. Selanjutnya lakukan pengecekan dan bersihkan menggunakan solar.

Gambar 49. Pemeriksaan *tappet* dan *roller*.

Tahap pemeriksaan kerusakan pada katup pengatur dan pegas piton ditunjukkan pada gambar 50. Dengan cara lepaskan pegas dari katupnya, periksa kelenturan pegas dengan cara menekan, jika ditekan langsung kembali seperti semula mengindikasikan pegas dalam keadaan baik, dan sebaliknya jika lentur maka harus dilakukan penggantian.

Gambar 50. Pemeriksaan katup pengatur dan pegas piston.

Tahap pemeriksaan tekanan dan hisapan pompa seperti pada gambar 51. Dengan cara di tekan – tekan menggunakan kedua jari pada pompa dengan cara menutup lubang masuk pompa priming

Gambar 51. (a) dan (b) Pemeriksaan tekanan dan hisapan pompa pemindah bahan bakar

- Perakitan pompa pemindah bahan bakar

  Setelah tahap pemeriksaan dan pembersihan komponen-komponen pompa pemindah bahan bakar selanjutnya dilakukan perakitan kembali pompa pemindah bahan bakar sesuai dengan urutan yang terlihat pada gambar 52.

Gambar 52. Perakitan pompa pemindah bahan bakar.

Keterangan gambar

1. Batang pendorong.
2. Piston.
3. Ruang *plunyer* dan pegas.
4. *Tappet*.
5. *Snap ring*.
6. *Check valve* dan pegas.
7. Pompa *priming*.
8. Pompa penyalur *assembly*.
9. Pipa keluar.
10. Pipa masuk.

h) Pompa injeksi bahan bakar (*fuel injection pump*)

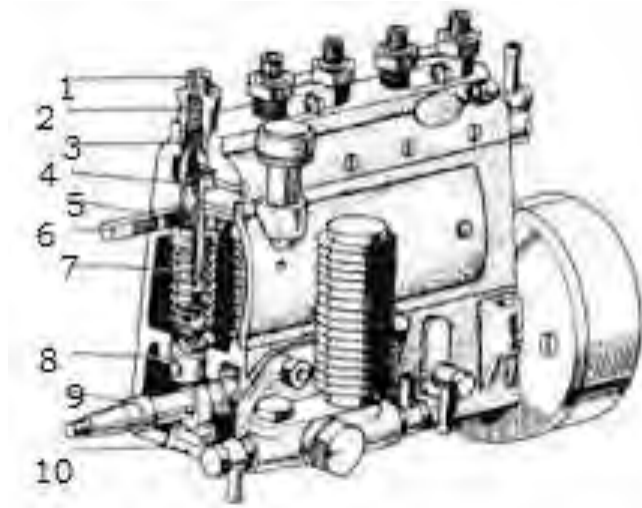
Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa atau memampatkan bahan bakar dengan tekanan yang tinggi ke *nozzle* sehingga diharapkan bahan bakar akan dikabutkan oleh *nozzle* ke dalam ruang pembakaran.

Menurut cara penyemprotan bahan bakarnya, sistem bahan bakar terbagi menjadi beberapa bagian antara lain :

a. Sistem pompa sebaris atau pribadi.
b. Sistem pompa distributor.
c. Sistem akumulator.

(1) Sistem pompa injeksi tipe sebaris (in-line)

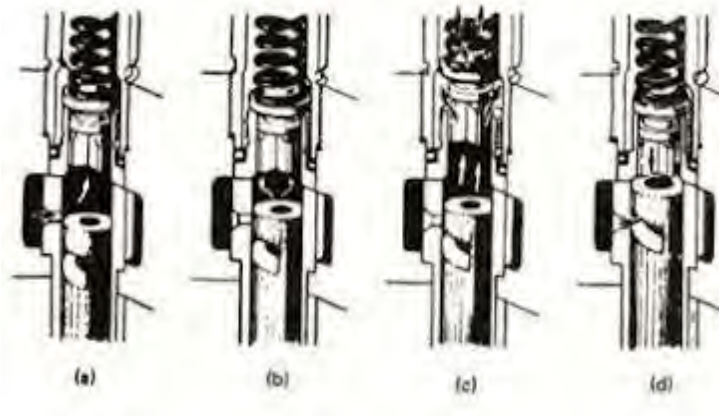
Sistem pompa injeksi sebaris atau pribadi (*in-line fuel injection pump)* banyak digunakan untuk motor diesel yang bertenaga besar, karena pompa injeksi sebaris mempunyai kelebihan bahwa tiap elemen pompa dapat melayani tiap-tiap silinder motor diesel.

Pada gambar pompa injeksi sebaris tipe Bosch (PE) menunjukkan elemen pompa yang terdiri dari plunyer (plunger) dan silinder (barrel) yang keduanya sangat presisi, yaitu celah antara plunyer dan silindernya sekitar 1/1000 mm. Ketelitian inilah cukup baik untuk menahan tekanan yang saat injeksi. Bahan bakar yang ditekankan oleh pompa pemindah masuk ke pompa injeksi dengan tekanan rendah, dan plunyer bergerak naik turun dengan putaran poros nok pompa injeksi.

Gambar 53. Pompa injeksi sebaris tipe Bosch PE

Keterangan gambar

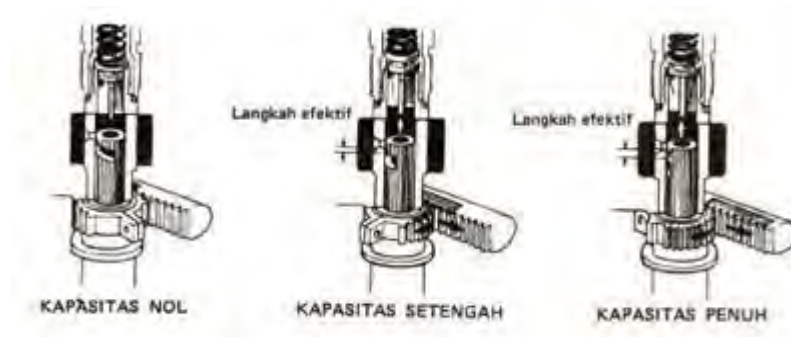
1. *Delivery valve holder*
2. *Valve spring*
3. *Delivery valve*
4. *Plunger*
5. *Control pinion*
6. *Control rack*
7. *Plunger spring*
8. *Tappet*
9. *Camshaft*
10. *Felt plate plug*

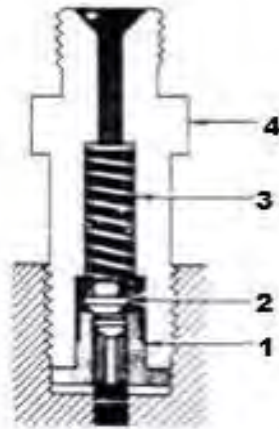
(2) Prinsip kerja elemen pompa injeksi tipe sebaris (in-line)

Prinsip kerja elemen pompa injeksi tipe sebaris yaitu di tunjukkan pada gambar 54 di bawah ini.

Gambar 54. Prinsip kerja elemen pompa injeksi tipe sebaris.

1) Pada saat *plunyer* berada pada titik terbawah, bahan bakar mengalir melalui lubang masuk (feed hole) pada silinder ke ruang penyalur (*delivery chamber*) di atas *plunyer*.
2) Pada saat poros nok pada pompa injeksi berputar dan menyentuh *tappet roller* maka *plunyer* bergerak ke atas. Apabila permukaan atas *plunyer* bertemu dengan bibir atas lubang masuk maka bahan bakar mulai tertekan dan mengalir keluar pompa melalui pipa tekanan tinggi ke *injector*.
3) *Plunyer* tetap ke atas, tetapi pada saat bibir atas control groove bertemu dengan bibir bawah lubang masuk maka penyaluran bahan bakar akan terhenti.
4) Gerakan *plunyer* ke atas selanjutnya menyebabkan bahan bakar yang tertinggal dalam ruang penyaluran masuk melalui lubang pada permukaan atas *plunyer* dan mengalir ke lubang masuk menuju ruang isap, sehingga tidak ada lagi bahan bakar yang disalurkan

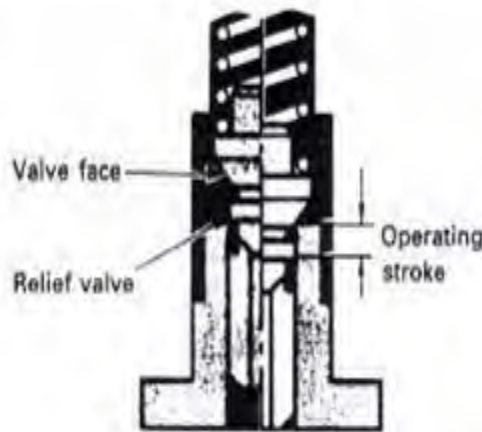
Jumlah pengiriman bahan bakar dari pompa diatur oleh *governor* sesuai dengan kebutuhan motor diesel. *Governor* mengatur gerakan *control rack* yang berkaitan dengan *control* pinion yang diikatkan pada control sleeve. *Control sleeve* ini berputar bebas terhadap silinder. Bagian bawah *plunyer* (*flens*) berkaitan dengan bagian bawah *control sleeve*. Jumlah bahan bakar yang dikirim tergantung pada posisi *plunyer* dan perubahan besarnya langkah efektif.

Langkah efektif adalah langkah *plunyer* dimulai dari tertutupnya lubang masuk oleh plunyer sampai control groove bertemu dengan lubang masuk. Langkah efektif akan berubah sesuai dengan posisi *plunyer* dan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sesuai dengan besarnya langkah efektif. Gambar 55 bentuk pengontrolan jumlah bahan bakar.

Gambar 55. Pengontrolan jumlah bahan bakar

Penekanan bahan bakar dari elemen pompa ke injektor diatur oleh katup penyalur (*delivery valve).* Katup penyalur ini berfungsi ganda yaitu selain mencegah bahan bakar dalam pipa tekanan tinggi mengalir kembali ke *plunyer* juga berfungsi untuk mengisap bahan bakar dari ruang *injector* setelah penyemprotan.

Gambar 56. Katup penyalur.

Keterangan gambar katup penyalur

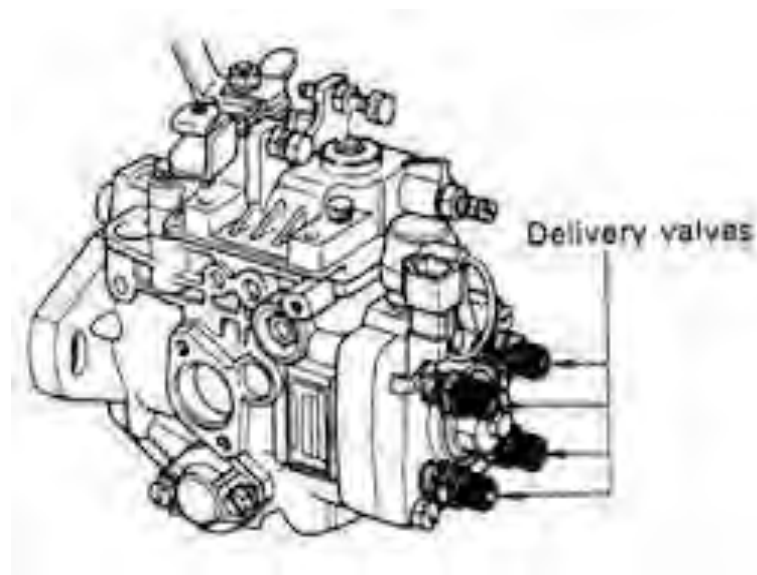
1. Valve seat.
2. Delivery valves.
3. Valve spring.
4. Delivery valve holder.

Dengan demikian katup penyalur pada pompa injeksi menjamin *injector* akan menutup dengan cepat pada saat akhir injeksi, karena untuk mencegah bahan bakar menetes yang dapat menyebabkan pembakaran awal (*pre ignition*) selama siklus pembakaran berikutnya.

Gambar 57. Prinsip kerja katup penyalur.

Prinsip kerja katup penyaluran yaitu :

1) Pada saat awal penginjeksian, maka katup penyalur pada posisi terangkat dari dudukan, dengan adanya tekanan bahan bakar yang dipompa keluar dari pompa plunyer. Hal ini memungkinkan bahan bakar dengan tekanan dialirkan ke *nozzle*.
2) Bila tekanan penyalur menurun dan pegas katup penyalur kebawah, maka relief *valve* akan menutup hubungan antara ruang penyalur dengan pipa injeksi dan selanjutnya katup akan masuk kedalam sampai dudukan bersentuhan dengan *body* mencegah menurunnya katup.

(3) Sistem pompa injeksi tipe distributor

Sistem pompa injeksi tipe distributor (VE) dirancang dengan plunyer tunggal untuk mengatur jumlah banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan dengan tepat dan membagi pemberian bahan bakar ke tiap-tiap silinder motor diesel dengan urutan penginjeksiannya.

Gambar 58. Pompa injeksi distributor tipe VE.

Kelebihan-kelebihan pompa injeksi distributor tipe VE meliputi :

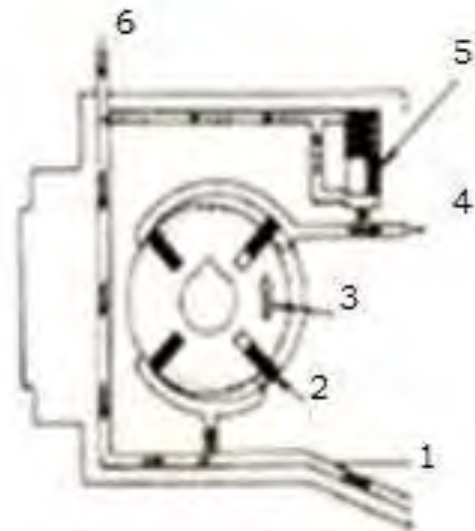
1. Komponennya sedikit.
2. Beratnya ringan ± 4,5 kg.
3. Mampu digunakan untuk motor diesel putaran tinggi.
4. Bersamaan dalam jumlah penginjeksian bahan bakar.
5. Mudah dalam menghidupkan motor diesel.
6. Putaran *idle* yang stabil.
7. Pelumasan dengan bahan bakar sendiri.
8. Mudah dalam penyetelan jumlah penginjeksian bahan bakar.
9. Dilengkapi dengan solenoid penghenti bahan bakar.
10. Alat pengatur bekerja secara hidrolik saat penginjeksian.
11. Tidak akan memberikan bahan bakar ke silinder jika terjadi motor diesel berputar balik.

Pompa injeksi tipe distributor terdiri dari beberapa komponen yang meliputi :

1) Pompa pemberi (*feed pump*) tipe sudu *rotary* yang mengalirkan bahan bakar dari tangki kedalam rumah pompa injeksi
2) Katup pengatur tekanan bahan bakar didalam feed pump (*pressure regulating valve*).
3) Katup pelimpah (*overflow*) untuk menyalurkan kelebihan bahan bakar dari pompa ke tangki.
4) Plat nok (*cam plate*) yang digerakkan oleh poros pompa (*drive shaft*) yang menggerakkan *plunyer* dalam bentuk berputar dan bolak-balik, karena plunyer bersatu dengan *cam plate*.
5) *Governor* mekanik (*mechanical governor*) yang mengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar.
6) Pewaktu otomatis (*automatic timer*) yang mengatur saat injeksi (*injection timing*) yang bekerja menurut tekanan bahan bakar.
7) Solenoid penutup bahan bakar (*fuel cut – off solenoid*) yang digunakan untuk menutup aliran bahan bakar ke dalam elemen pompa.
8) Katup penyalur (*delivery valve*) berfungsi untuk mencegah bahan bakar dari dalam pipa tekanan tinggi masuk ke dalam ruang elemen pompa dan menghisap sisa bahan bakar dari *injector* pada akhir injeksi.

Penjelasan komponen – komponen pompa injeksi tipe distributor

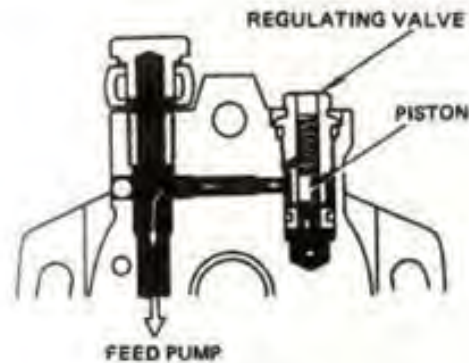
Pompa pemberi (*feed pump*) tipe *rotary* ini berada dalam pompa injeksi yang menyalurkan bahan bakar dari tangki ke dalam

rumah pompa melalui *sedimenter* dan *filter*. Pompa pemberi ini digerakkan oleh poros penggerak dan selama rotor berputar sudu pompa menekan keluar akibat gaya sentrifugal. Rotor yang tidak sepusat akan menyebabkan bahan bakar akan terisap dan ditekan ke ruang pompa di tunjukkan pada gambar 59 dibawah ini.

Gambar 59. Katup pemberi (*feed pump*) tipe *rotary*.

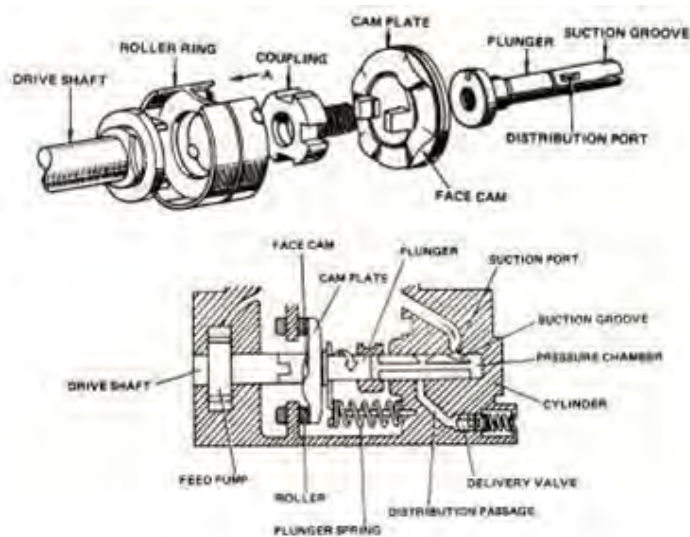
Keterangan gambar

1. Ke *timer.*
2. *Blade*.
3. *Rotor*.
4. Ke *pump housing*.
5. *Regulating valve*.
6. Dari saringan bahan bakar.

Katup pengatur tekanan bahan bakar (*regulating valve*), besarnya tekanan bahan bakar pada pompa pemberi ditentukan oleh tekanan pegas pada piston katup pengatur ini, sedangkan

piston tertekan oleh tekanan bahan bakar. Jika kecepatan pompa bertambah maka bertambah pula tekanan bahan bakarnya

Gambar 60. Katup pengatur tekanan bahan bakar (*regulating valve*).

(4) Prinsip kerja elemen pompa injeksi tipe distributor

Plunyer dan plat nok, penyaluran bahan bakar pada pompa injeksi bahan bakar distributor tipe VE melalui beberapa kerja komponen seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 61. Penyaluran bahan bakar pompa injeksi distributor tipe VE.

Pompa pemberi dan plat nok digerakkan oleh poros penggerak, *plunyer* dan plat nok ditekan oleh dua buah pegas *plunyer* melawan *roller*. Plat nok mempunyai empat buah muka nok (*cam face),* yang bila berputar muka nok berada di atas *roller* dan *plunyer* bergerak maju, sehingga bila plat nok dan *plunyer* berputar satu kali maka lunyer bergerak empat kali maju mundur.

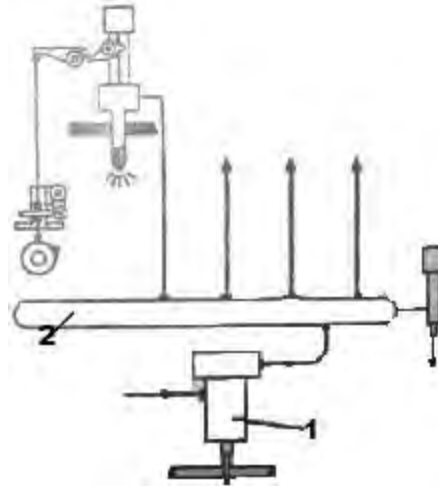
Bahan bakar disalurkan ke tiap-tiap silinder setiap ¼ putaran *plunyer* dan satu kali *plunyer* bergerak bolak-balik. *Plunyer* mempunyai empat alur pengisian (*suction groove*) dan satu lubang distribusi (*distribution port*). Dengan demikian pada silinder pompa terdapat empat saluran distribusi (*distribution passage*). Pengisapan terjadi apabila salah satu alur pengisian segaris dengan lubang isap, dan penyaluran bahan bakar berlangsung bila lubang distribusi segaris dengan salah satu dari empat saluran distribusi.

Proses penyaluran bahan bakar terdiri dari :

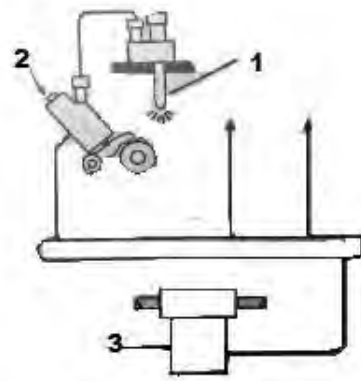
1) Pengisapan (suction)
2) Penyaluran (delivery)
3) Akhir penekanan (termination)
4) Penyamaan tekanan (pressure equalization)

(5) Sistem akumulator

Pada sistem akumulator, pompa injeksi mengalirkan bahan bakar masuk ke dalam akumulator yang dilengkapi dengan katup pengatur tekanan, sehingga tekanan dalam akumulator tetap. Dari akumulator bahan bakar dialirkan kedalam alat pengatur kapasitas kemudian ditekan ke *nozzle* dan menuju ke dalam

silinder sesuai dengan urutan penyalaannya. Berikut adalah gambar sistem akumulator.

Gambar 62. Sistem akumulator A.

Keterangan gambar

1. Akumulator.
2. Pompa penyemprot.

Gambar 63. Sistem akumulator B.

Keterangan gambar

1. *Nozzle*
2. Pompa penyemprot
3. Katup pengatur tekanan

Menurut jenis pompa penekan injeksi bahan bakar untuk motor diesel terbagi menjadi beberapa bagian antara lain :

1) Pompa penekan/injeksi bahan bakar sistem sentrifugal (governor system), menggunakan bobot sentrifugal/bobot pengimbang.
2) Pompa penekan/injeksi bahan bakar sistem vakum (*pneumatic system*).
3) Pompa penekan/injeksi bahan bakar *system rotary,* bekerja secara berputar dengan menggunakan batang pemutar.

(6) Pompa injeksi bahan bakar sistem sentrifugal

Pompa penekan bahan bakar ini terpasang pada sisi samping blok motor dan diputarkan langsung oleh poros engkol mesin dengan memakai hubungan putaran roda gigi ataupung hubungan putaran rantai yang khusus untuk menekan bahan bakar hingga ke *nozzle* pengabut (*injector nozzle*). Pompa penekan bahan bakar menurut gambar adalah terdiri dari suatu rumah pompa bahan bakar yang dibuat daripada bahan campuran alumunium,di mana terdapat 6 buah elemen pompa untuk motor diesel 6 silinder.

Masing-masing elemen pompa penekan digerakkan oleh sebuah cam/nok poros pompa (*pump camshaft*). Di salah satu ujung dari cam poros pompa itu dilengkapi oleh alat pengatur pusingan jenis sentrifugal (*fly wheight*). Setiap elemen pompa menerima minyak bahan bakar solar dan mengambil hubungan kepada saringan bahan bakar dan bagian yang lainnya berhubungan dengan pipa saluran yang menuju ke tangki persediaan bahan bakar. Jumlah putaran motor diesel adalah tergantung daripada jumlah banyaknya bahan bakar yang dikabutkan oleh *nozzle*

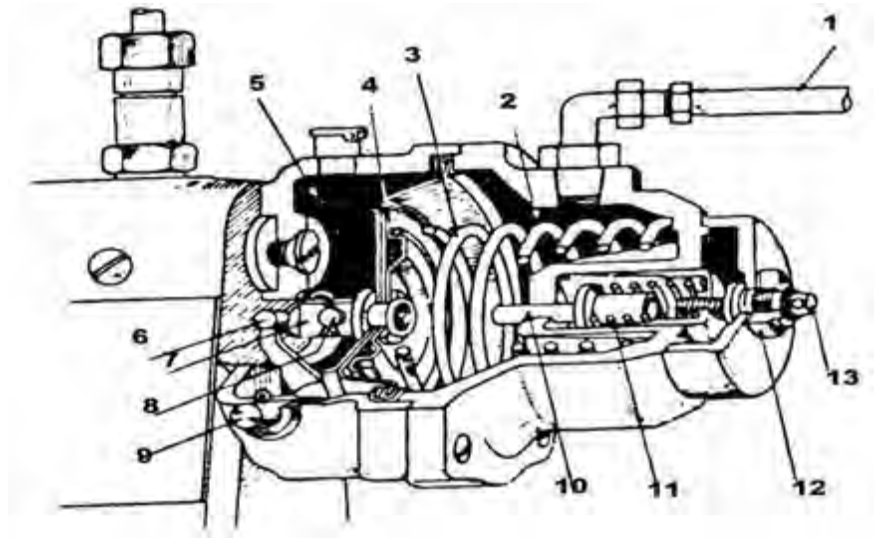
pengabut. Dalam putaran motor yang cepat bahan bakar yang dikabutkan oleh *nozzle* pengabut adalah lebih banyak daripada waktu putaran motor lambat. Putaran dari motor diesel dapat diatur dengan jalan menambah atau mengurangi jumlah bahan bakar yang dikabutkan ke dalam ruang bakar silinder motor.

Untuk menambah dan mengurangi pengabutan dari bahan bakar itu diatur oleh batang pengatur bahan bakar (*control rod*). Pada tiap-tiap elemen pompa penekan bahan bakar terdapat suatu komponen yang dikenal dengan nama *plunyer*. Dengan memutarkan *plunyer* ke kiri ataupun ke kanan, maka bahan bakar yang disalurkan oleh pompa penekan bahan bakar ke alat *nozzle* pengabuat dapat diperbanyak atau dipersedikit, sehingga putaran motor dapat dipercepat atau diperlambat. Batang *plunyer* digerakkan oleh sebuah tabung pemutar yang bekerja sama dengan batang pengatur bahan bakar. Selanjutnya batang pengatur bahan bakar digerakkan oleh sebuah batang tuas gas atau pedal gas.

Untuk memperoleh adanya keseimbangan dalam putaran motor, pada waktu tuas gas digerakkan dalam posisi menggerakkan bahan bakar diperbanyak dan dipersedikit dan sebaliknya dikontrol oleh bobot pusingan. Bobot pusingan/*fly weight* gunanya mencegah terjadinya kecepatan motor berkelebihan dan mengendalikan kecepatan putaran motor maksimum dan minimum. Bila kecepatan putaran motor bertambah maka bobot pusingan akan terlempat keluar sambil menarik batang pengatur bahan bakar mengambil posisi mengurangi jumlah bahan bakar yang dikirimkan ke *nozzle* pengabut. Bila putaran motor diperlambat bobot pusingan bergerak ke arah dalam, selanjutnya

mengubah sikap batang pengatur bahan bakar mengambil posisi ke arah sikap bahan bakar lebih banyak.

(7) Pompa penekan/injeksi bahan bakar sistem vakum

Gaya pengaruh sistem kevakuman udara ini adalah turunnya tekanan udara yang disebabkan oleh pengaruh kecepatan udara yang mengalir lewat pipa venturi di dalam saluran manifold masuk. Govenor pneumatik terdiri ata sebuah membran/diafragma yang berhubungan dengan dua ruangan Ruangan depan disebut ruang atmosfir yang berhubungan dengan udara atmosfir dan dihubungkan oleh tuas gas dan batang pengatur bahan bakar, sedangkan ruang belakang disebut ruangan vakum berhubungan dengan ruangan venturi di dalam *manifold* masuk. Hubungan antara kedua ruangan tersebut melalui pipa vakum. Setiap perubahan kedudukan katup gas di antara putaran stasioner dan beban penuh maka membran itu akan menemukan sikap relatifnya. Bila tekanan kevakuman dalam ruangan vakum meningkat membran akan menggerakkan batang pengatur bahan bakar (*pump control rod*) ke arah pengiriman bahan bakar sedikit. Bila tekanan kevakuman menurun dalam ruang vakum maka pegas dapat menggerakkan kembali batang pengatur bahan bakar ke arah pemberian bahan bakar yang lebih banyak

Gambar 64. Komponen pengatur kecepatan sistem vakum.

Keterangan gambar

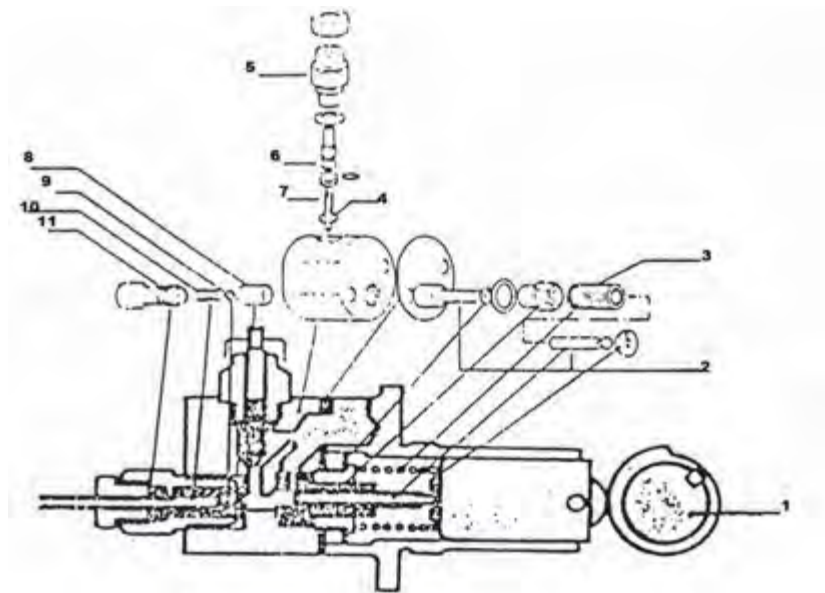
1. *Vacuum line*.
2. *Vacuum chamber*.
3. *Main governor spring*.
4. *Diaphragm*.
5. *Atmospheric chamber*.
6. *Stop lever shaft arm*.
7. *Pump control rod*.
8. *Linkage pin*.
9. *Stop lever shaft.*
10. *Idling bumper pin*.
11. *Idling bumper spring*.
12. *Locknut*.
13. *Bumper spring adjusting screw.*

(8) Cara kerja pengatur kevakuman udara (pneumatic governor)

Bila mesin tidak berputar, batang pengatur bahan bakar dalam keadaan kedudukan maksimum. Bila mesin mulai dihidupkan,

kevakuman akan terjadi pada saluran masuk (*venturi control*). Kevakuman yang terjadi pada ruangan vakum mampu untuk melawan tegangan pegas utama. Ruangan lain dari pengatur yaitu raungan atmosfir berhubungan dengan tekanan udara luar menyebabkan membran bergerak dari kedudukkan maksimum ke minimum pada putaran stasioner. Bilamana katup gas lebih terbuka, kevakuman akan bertambah selanjutnya batang pengatur bahan bakar akan memutarkan plunyer guan menghasilkan penekanan bahan bakar ke *nozzle* pengabut dengan kabutan bahan bakar yang maksimum pada ruang bakar motor. Bila motor mau dimatikan tombol stom ditarik sampai nol kembali/stasioner.

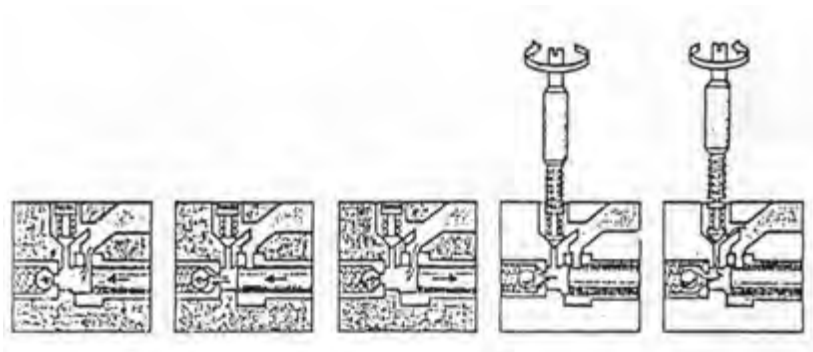
i) Sistem pompa injeksi tipe deckel

Pompa injeksi tipe deckle ini adalah pompa bahan bakar tipe klep *throttle* dengan langkah konstan. Gambar 65 potongan pompa injeksi tipe deckel.

Gambar 65. Potongan pompa injeksi tipe *deckle*.

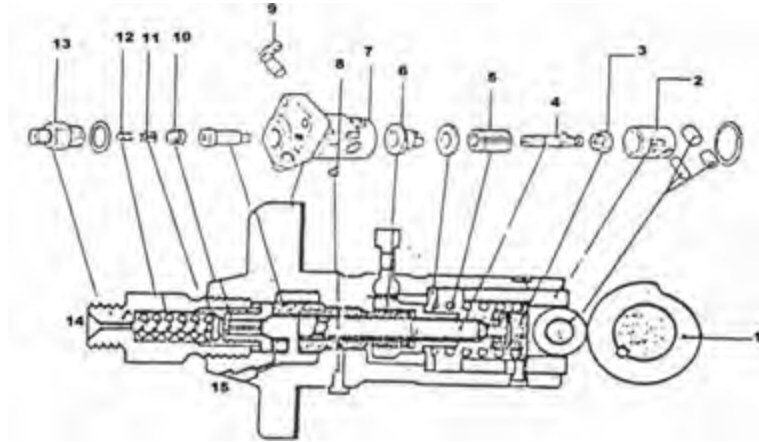
Potongan dari pompa penyemprot bahan bakar tipe *deckle* terdiri dari tiga bagian yaitu meliputi :

1) Tekanan yang diberikan pada bahan bakar *plunyer*.
2) Pengontrolan jumlah aliran bahan bakar/jarum pengatur (*regulator needle*).
3) Pencegahan bahan bakar balik klep penekan/penyalur (*delivery valve*).

(1) Prinsip kerja elemen pompa tipe *deckel*

Ketika *plunyer* mengalirkan kembali bahan bakar kedalam *plunyer barrel* (rumah *plunyer*) melalui pengatur aliran kam bahan bakar (*fuel cam*) menggerakkan *plunger* kedepan mendorong bahan bakar setelah lubang masuk tertutup. Saat itu jarum pengatur tertutup, seluruh jumlah bahan bakar didalam plunger barrel dialirkan ke *nozzle*. Besarnya klep menutup atau membuka ditentukan oleh pengatur kecepatan. Bahan bakar dialirkan ke *nozzle* oleh tekanan dari plunger. Ketika *plunyer* kembali ke kedudukan semula oleh pegas *plunger*, bahan bakar yang tersalurkan tersebut kembali ke *plunyer barrel*. Untuk mencegah maka bahan bakar dialirkan melalui klep penekan (*delivery valve*).

Gambar 66. Prinsip kerja pompa injeksi tipe *deckle*.

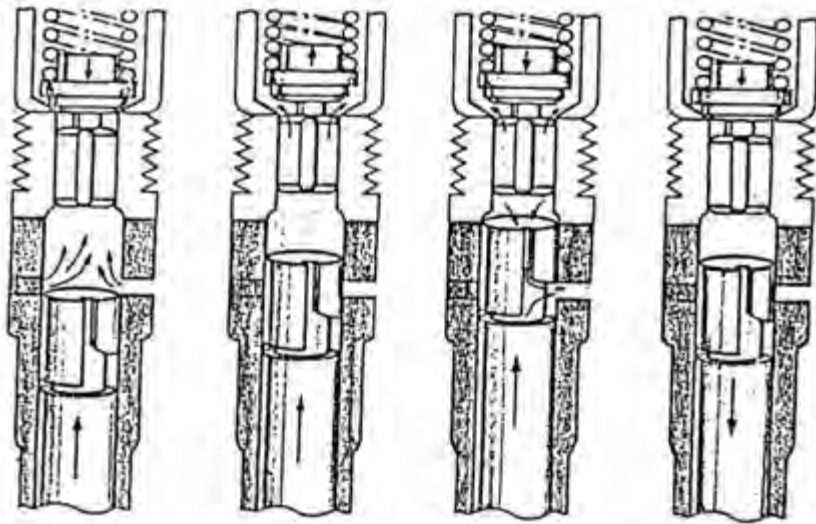
j) **Sistem pompa injeksi tipe bosch**

Pompa bosch adalah tipe spill port dengan langkah konstan. Gambar 67 adalah potongan pompa injeksi Bosch.

Gambar 67. Potongan pompa injeksi tipe *Bosch*.

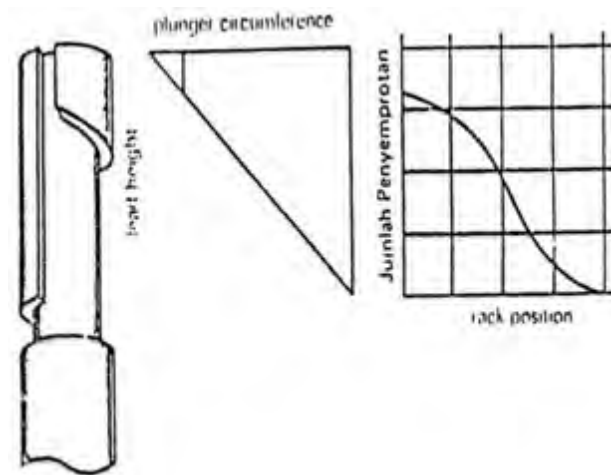
Keterangan gambar

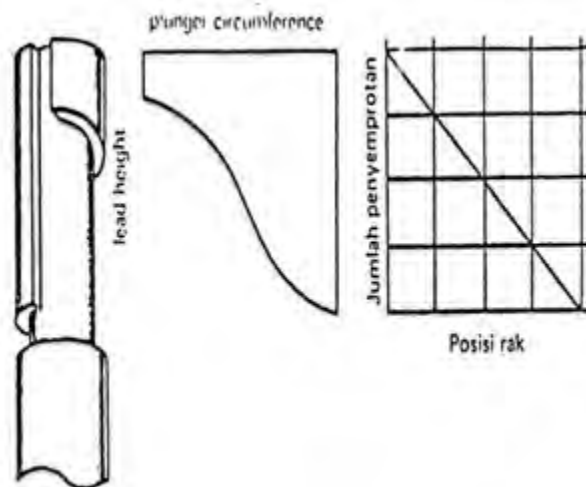
1. *Fuel cam*.
2. *Roller guide*.
3. *Plunyer spring retainer*.
4. *Plunyer*.
5. *Plunyer spring*.
6. *Pinion*.
7. *Pump body.*
8. *Stopper*.
9. *Rack*.
10. *Delivery valve guide*.
11. *Delivery valve*.
12. *Delivery valve spring*.
13. *Delivery valve holder*.
14. Lubang keluar bahan bakar.
15. Lubang masuk bahan bakar.

(1) Prinsip kerja pompa injeksi tipe Bosch

Prinsip kerja pompa injeksi tipe *bosch*, ketika *plunyer* didorong kembali, bahan bakar mengalir ke *plunyer barrel* melalui lubang masuk. *Plunyer* tersebut terdorong oleh kam dan ketika lubang masuk didalam *barrel* tertutup, *plunyer* tersebut mendorong kembali bahan bakar dan mengalirkannya melalui klep penekan (*delivery valve*). Klep penekan ini tetap terbuka oleh tekanan bahan bakar. Ketika plunyer naik, bagian bawah dari *plunyer* berbentuk *helix lead* dan *spill port* dari *plunyer barrel* bertemu dan bahan bakar mengalir keluar dari lubang *spill*, menahan aliran bahan bakar. Ketika penyemprotan dihentikan maka *plunyer* terletak sedemikian rupa hingga lubang *vertical plunyer* dan *spill port* berhubungan dan tidak ada bahan bakar yang mengalir keluar. Gambar berikut adalah menunjukkan pergerakan plunyer dalam pengaturan aliran bahan bakar.

Gambar 68. Arah plunyer dalam pengaturan jumlah bahan bakar

Ada dua macam bentuk alur *plunyer* yaitu :

1. Bila putaran *plunyer* berhubungan secara linier dengan jumlah bahan bakar yang dialirkan.
2. Putaran *plunyer* tidak berhubungan secara linier dengan jumlah bahan bakar yang dialirkan.

Gambar 69. Kurva plunyer A

Dalam gambar 69. kurva plunyer (A), alurnya berbentuk garis kurva (lengkung), akan tetapi bila tidak berputar, garisnya berbentuk lurus. Perputaran dari *plunyer* adalah berhubungan langsung dengan jumlah bahan bakar yang dialirkan

Gambar 70. Kurva *plunyer* B.

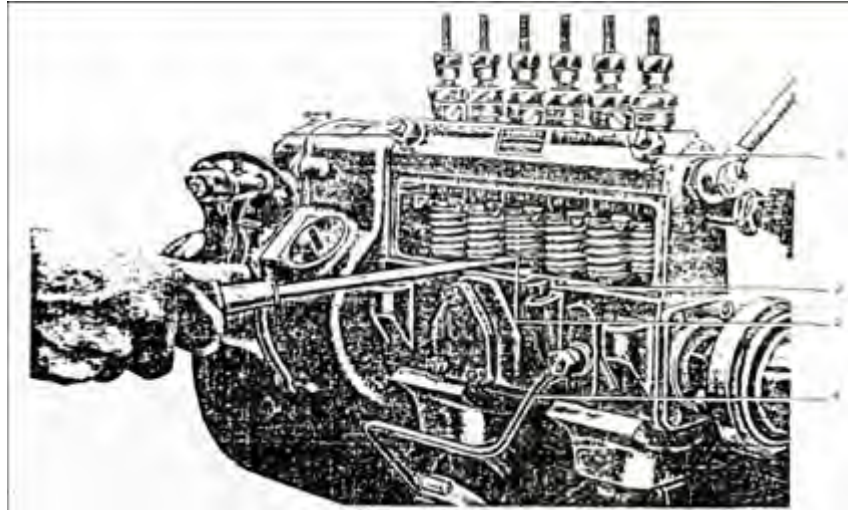
Dalam gambar 70. kurva *plunyer* (B), alurnya berbentuk garis lurus, akan tetapi bila tidak berputar garisnya berbentuk kurva (lengkung).

Bila jumlah bahan bakar yang dialirkan sedikit, perubahan dalam penyalurannya menyebabkan rak bergerak sedikit, dan bila bahan bakar yang dialirkan jumlahnya banyak maka perubahan akan menjadi lebih besar, bahkan ketika rak digerakkan oleh jumlah yang sama dialirkan untuk keduanya. Alasannya adalah untuk mengecilkan perubahan jumlah bahan bakar yang dialirkan pada putaran rendah dimana pada putaran motor diesel yang rendah akan terjadi kestabilan, dan menaikkan jumlah aliran bahan bakar pada putaran tinggi yang akan menyebabkan *governor* bekerja lebih baik, sejak itulah motor diesel akan peka terhadap perubahan jumlah aliran bahan bakar.

(2) Cara membuang udara palsu pada pompa penekan bahan bakar

Dalam pengoperasian motor diesel kadangkalnya mengalami kendala seperti bahan bakar tidak lancar yang disebabkan adanya udara yang masuk kedalam sistem, maka dari itu perlu dilakukan proses pengeluaran udara tersebut yaitu dengan cara :

1) Kendorkan sekrup pembuangan udara palsu.
2) Gerakkan lengan *plunyer* dengan cara mengungkit *plunyer* tersebut memakai obeng. Jika bahan bakar yang telah tercampur dengan udara telah keluar semua melalui sekrup pembuang udara maka kencangkan kembali sekrup tersebut. Dengan telah keluarnya udara palsu pada sistem bahan bakar maka motor diesel baru dapat dihidupkan. Jika udara ikut

tercampur pada bahan bakar menyebabkan motor diesel sangat sukar untuk dihidupkan.

Gambar 71. Cara membuang udara palsu pada pompa penekan bahan bakar.

Keterangan gambar

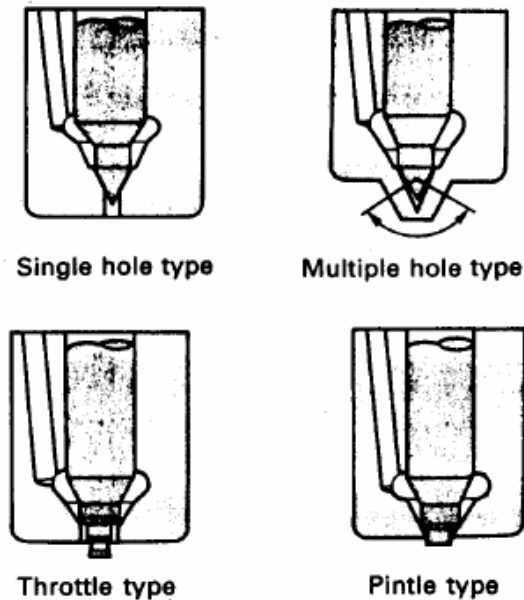
1. Sekrup pembuang udara palsu.
2. Batang pengontrol minyak lumas *nokken as* pompa.
3. Lengan *plunyer*.
4. Saluran pembocoran minyak lumas *nokken as* pompa.

k) Injector bahan bakar (fuel injector)

Injector bahan bakar disebut juga pengabut atau *nozzle* adalah suatu alat yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk partikel-partikel kecil yang sangat halus (bentuk kabut) kedalam suatu udara yang sedang dipadatkan (dikompresi) di dalam ruang bakar motor.

Injector / nozzle dapat diklasifikasi beberapa bagian meliputi :

1. *Nozzle* berlubang tunggal (*single hole*).

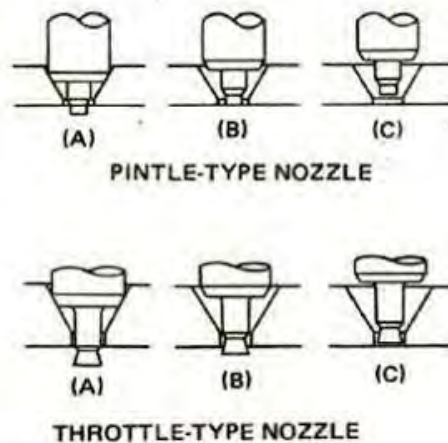
2. *Nozzle* berlubang banyak (*multi hole*).
3. *Nozzle* model pin (*pintle type*).

Gambar 72. Tipe-tipe *nozzle*.

Nozzle berlubang tunggal (*single hole*) semprotan atau kabutan bahan bakar yang dihasilkan berbentuk tirus dengan sudut kira-kira 4 sampai 15^0 yang dikeluarkan oleh ujung *nozzle* berlubang satu.

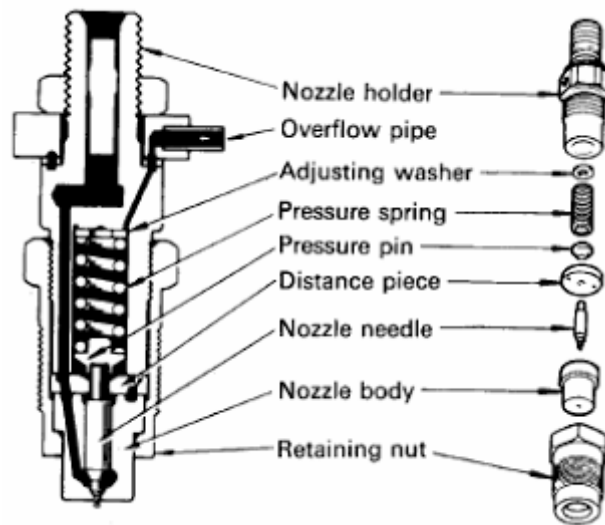
Pembuatan yang kurang sempurna dan seksama menyebabkan semprotan bahan bakar tidak merata bila sudutnya terlalu besar. Keadaan ini dapat membatasi sudut semprotan yang bisa digunakan. Tipe *nozzle* sangat menentukan bagi proses pembakaran dan bentuk ruang bakar. Maka dari itu, *nozzle* berlubang tunggal dipakai pada motor diesel dimana bentuk ruang bakarnya akan menimbulkan pusaran dan karenanya tidak begitu membutuhkan pengatoman bahan bakar yang halus dan semprotan yang merata. *Nozzle* berlubang bantak (*multy hole*) pada umumnya digunakan pada motor diesel dengan injeksi langsung (*direct injection*), sedangkan *nozzle* jenis pin (*pintle type*) pada umumnya digunakan

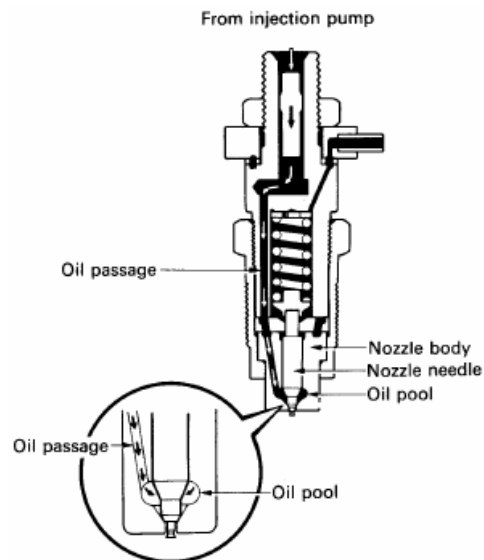
untuk motor diesel yang mempunyai ruang bakar muka (*presombustion chamber*).

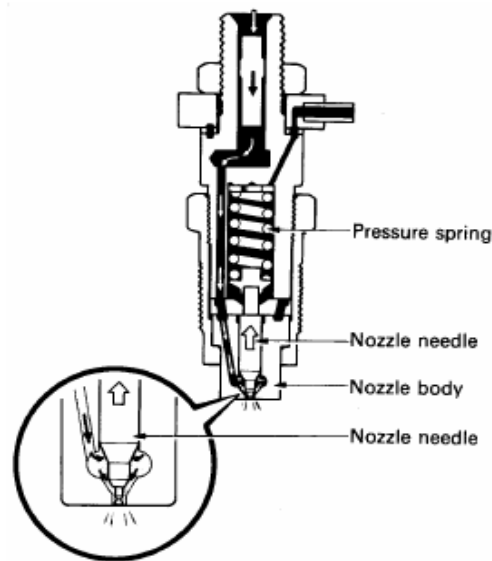
Nozzle berlubang tunggal bekerja dengan baik karena pembukaan lubang *nozzle* yang luas bahkan dalam motor diesel putaran tinggi motor kecil, akan mengurangi gangguan karena buntunya lubang *nozzle*.

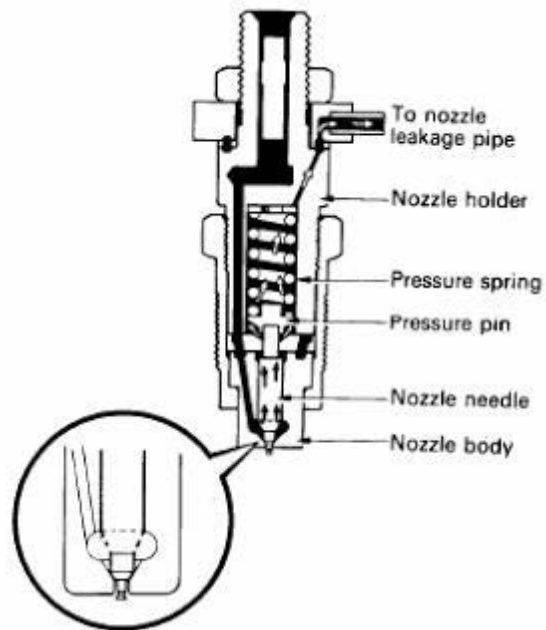
Kebanyakan *nozzle* jenis pin (*pintle type*) adalah berjenis *throttle* yang pada saat permulaan injeksi jumlah bahan bakar yang ditekan ke dalam ruang bakar muka hanya sedikit, tetapi di akhir injeksi jumlah bahan bakar semakin banyak.

Gambar 73. *Nozzle* jenis *pin* (*pintle type*)

(3) Prinsip kerja *injection nozzle*

Nozzle holder memegang *nozzle* dengan *retaining nut* dan *distance piece*. *Nozzle holder* terdiri dari *adjusting washer* yang mengatur kekuatan tekanan pegas untuk menentukan tekanan membukanya katup *nozzle*. Pada gambar 74 adalah bagian – bagian nozzle.

Gambar 74. Bagian-bagian *nozzle.*

Sebelum penginjeksian, bahan bakar yang bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi melalui saluran minyak pada *nozzle holder* menuju ke *oil pool* pada bagian bawah *nozzle body*, pada gambar 75.

Gambar 75. *Nozzle* sebelum penginjeksian.

Penginjeksian bahan bakar, bila tekanan bahan bakar pada *oil pool* naik. Ini akan menekan permukaan ujung *needle*. Bila tekanan ini melebihi kekuatan pegas, maka *nozzle needle* akan terdorong ke atas oleh tekanan bahan bakar dan *nozzle needle* terlepas dari *nozzle body seat*. Kejadian ini menyebabkan *nozzle* menyemprotkan bahan bakar ke ruang bakar.

Gambar 76. *Nozzle* saat penginjeksian bahan bakar.

Akhir penginjeksian, bila pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan bahan bakar turun dan tekanan pegas (*pressure spring*) mengembalikan *nozzle needle* ke posisi semula. Pada saat ini *needle* tertekan kuat pada *nozzle body seat* dan menutup saluran bahan bakar. Sebagian bahan bakar tersisa di antara *nozzle needle* dan *nozzle body*, antara *pressure pin* dan *nozzle holder* dan lain- lain. Melumasi semua komponen dan kembali ke *over flow pipe*. *Nozzle needle* dan *nozzle body* membentuk sejenis katup untuk mengatur awal dan akhir injeksi bahan bakar dengan tekanan bahan bakar.

Gambar 77. *Nozzle* akhir penginjeksian.

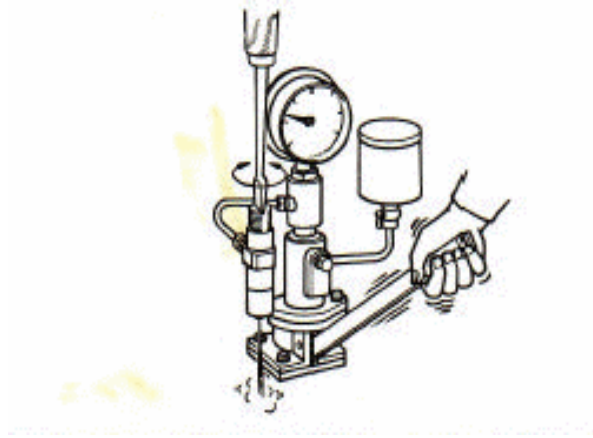
(4) Pemeriksaan injector / nozzle

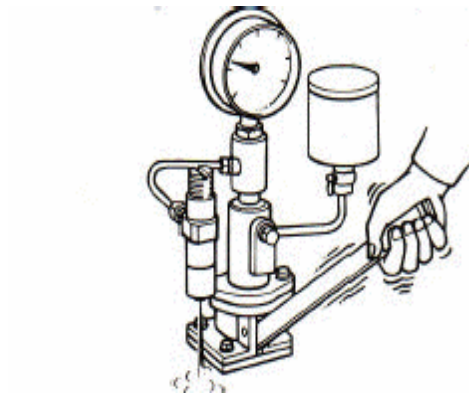
Pemeriksaan *injector/nozzle* untuk menghasilkan pengabutan/penyemprotan bahan bakar sempurna maka perlu dilakukan pemeriksaan (perawatan) diantaranya meliputi : 1) pembongkaran nozzle, 2) pembersihan nozzle, dan 3) perakitan nozzle.

- Pembongkaran nozzle

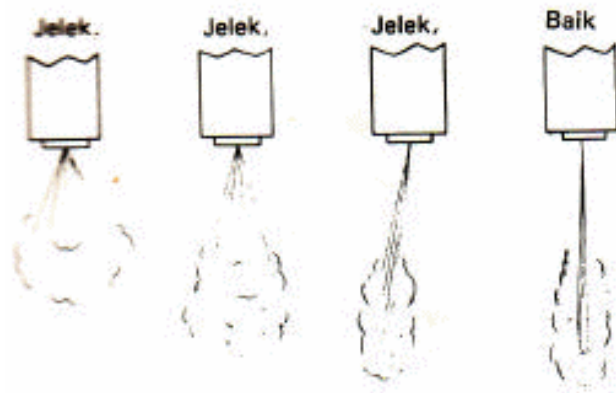
  sebelum dilakukan pemeriksaan *injector/nozzle* dibongkar terlebih dahulu supaya memudahkan dalampemeriksaan .

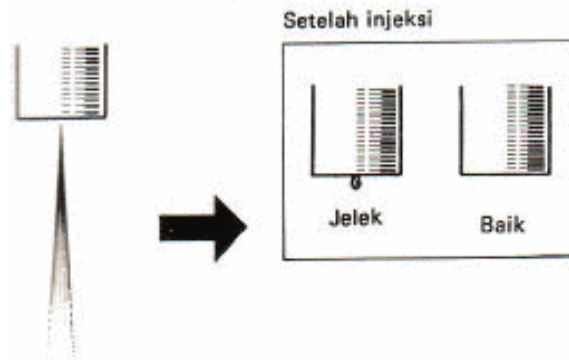
  - *Injector nozzle* terlebih dahulu harus dilepaskan dari unit sistem bahan bakar.
  - *Injector nozzle* di pasang pada *nozzle tester*.

- Pengungkit tangan (*hand tester*) pada *injector/nozzle tester* digunakan untuk mengetes dan menyetel tekanan penyemprotan bahan bakar.
- Setel tekanan penyemprotan *injector/nozzle* dengan mengubah-ubah sekerup pengatur atas pegas penekan. Dengan mengubah dan mengatur sekerup pengatur, maka tekanan penyemprotan bahan bakar akan berubah besarnya tekanan penyemprotan bahan bakar.

Gambar 78. Penyetelan sekerup.

- Tuas pengungkit *tester* harus digerakkan dengan perlahan-lahan pada waktu menyetel tekanan penyemprotan bahan bakar.

Gambar 79. Uji tekanan.

- Keadaan penyemprotan bahan bakar yang keluar dari lubang *injector/nozzle* meliputi :

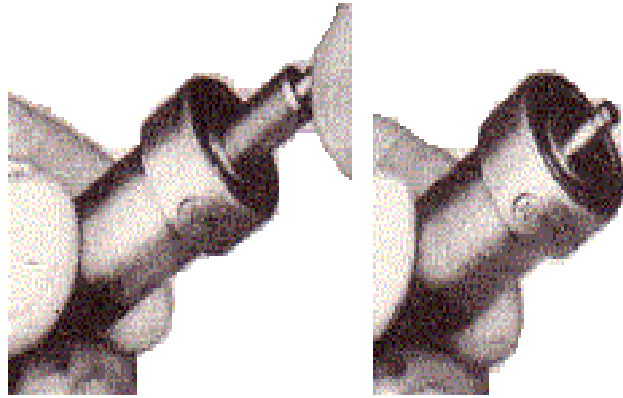
    - Bahan bakar harus menyemprot dalam bentuk kerucut, kira – kira 4^0 dari garis tengah lubang injector / nozzle
    - Tidak terdapat tetesan bahan bakar setelah terjadi penyemprotan bahan bakar
    - Penyemprotan bahan bakar dari injector / nozzle harus membentuk linkaran pada sebuah kertas putih yang ditempatkan pada jarak 30 cm dari nozzle

Gambar 80. Bentuk semprotan bahan bakar pada *injector/nozzle*.

- Pada waktu menerima tekanan bahan bakar sebesar 90 kg/cm^2 menurut petunjuk / indicator di tester, dan tidak boleh terdapat kebocoran pada dudukan nozzle

Gambar 81. Bentuk semprotan bahan bakar yang baik.

- Pembersihan nozzle

Pembersihan *injector*/*nozzle* dengan cara mencuci dan membersihkan *nozzle* dengan menggunakan pembersih atau solar. Pembersih dapat berupa katu atau sikat tembaga yang lembut. Dudukan *injector*/*nozzle* dibersihkan dengan skrap pembersih. Lubang bodi *nozzle* injeksi dibersihkan dengan jarum pembersih.

Menguji peluncuran jarum injector nozzle dengan cara sebagai berikut.

a. Membersihkan bodi dan jarum dengan solar.
b. Menarik jarum nozzle kira-kira setengahnya di dalam bodi dan melepaskannya kembali.
c. Jarum akan meluncur dengan lembut akibat beratnya.
d. Putar sedikit posisi jarum dan lakukan tes yang sama.
e. Apabila jarum *nozzle* dalam peluncurannya tidak lembut, maka *nozzle* tersebut harus diganti.

Gambar 82. Menguji peluncuran jarum *nozzle*.

- Perakitan nozzle

  Setelah *injector/nozzle* dites dengan baik menurut buku petunjuk (*manual book*) instruksi dari pabrik mesin tersebut, dan telah sesuai dengan hasil penyemprotan bahan bakar dan tekanan penyemprotannya maka dapat dilakukan pekerjaan pemasangan kembali *injector/nozzle* ke dalam sistem bahan bakar motor diesel.

  Setelah melakukan pembersihan terdapat gangguan-gangguan pada *injector/nozzle* apabila tidak berhati – hati dalam perakitan, adapun gangguan yang terdapat pada nozzle antara lain :

  a. Lubang – lubang yang terdapat pada rumah mulut *injector/nozzle* buntu.
  b. Jarum pengabut (*needle valve)* macet pada rumah mulut *injector/nozzle*.
  c. Jarum pengabut dengan kedudukannya kurang merapat.
  d. Jarum pengabut terbuka terus.
  e. Terangkatnya jarum pengabut tidak sempurna.

f. Terangkatnya jarum pengabut pada tekanan penyemprotan bahan bakar tidak tepat.

l) Pipa penyemprot bahan bakar

Pipa ini sebagai penghubung antara pompa penyemprot dan *nozzle* (penyemprot bahan bakar). Pipa ini terbuat dari pipa baja (*stainless*) khusus untuk menahan tekanan tinggi. Ujung-ujungnya dihubungkan dengan tutupan mur (*flange nuts*). Panjang pipa adalah sama untuk tiap-tiap silinder untuk mendapatkan waktu dan jumlah penyemprotan yang seragam.

m) Perbaikan dan kalibrasi pompa injeksi bahan bakar

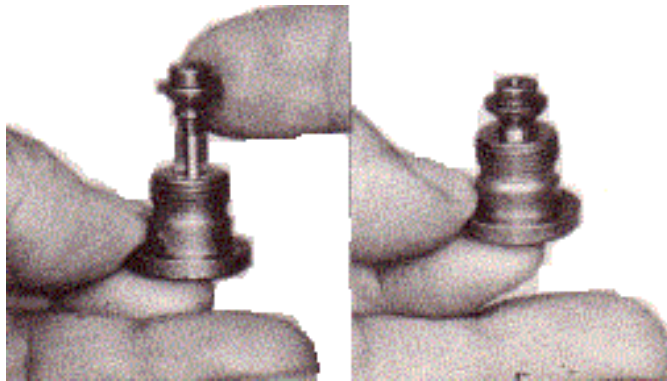
Pembongkaran pompa injeksi didasarkan pada hasil kalibrasi pompa injeksi pada mesin penguji/kalibrasi (*test bench*). Bila ternyata hasil kalibrasi menunjukkan adanya kerusakan, maka pompa injeksi dibongkar untuk diperiksa kerusakannya tersebut. Pembongkaran bagian-bagian pompa injeksi diusahakan menggunakan peralatan khusus (*special service tool*) yang telah tersedia sesuai dengan tipe pompa injeksi yang tercantum pada buku petunjuk *service* (*manual book),* meliputi beberapa bagian yaitu :

1. *Governor*.
2. *Control rack*.
3. Poros nok.
4. *Tappet roller*.
5. Pegas pengontrol.
6. Elemen pompa (*plunyer* dan silinder).
7. Katup pemberi.
8. Dudukan katup pemberi dan pemegangnya.

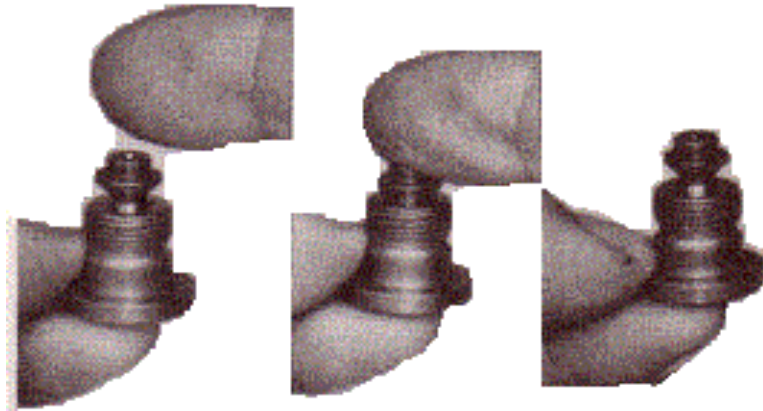
Sebelum melaksanakan perbaikan jangan sampai menyentuh permukaan dari plunyer dan katup pemberi. Beberapa bagian pompa injeksi yang perlu diperiksa dan diperbaiki di antaranya adalah a) pemeriksaan katup pemberi (delivery valve), b) pemeriksaan plunyer dan silinder / barrel, c) pemeriksaan control rack dan pinion, d) pemeriksaan tappet dan roller, dan e) pemeriksaan poros nok.

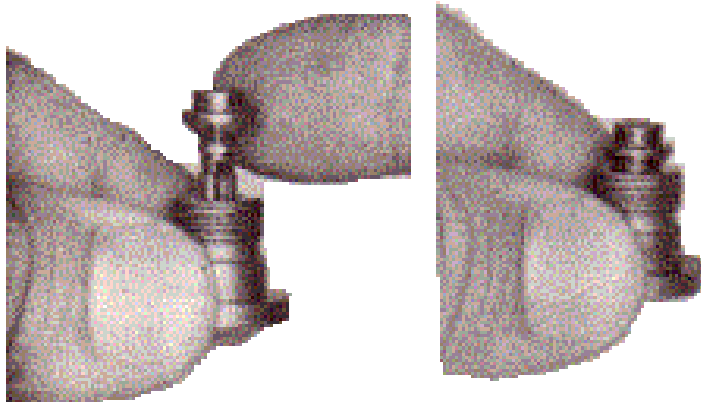
- Pemeriksaan katup pemberi (delivery valve)

  Adapun dalam pemeriksaan katup pemberi meliputi beberapa langkah yaitu :

  - Menarik katup keatas dan menutup lubang pada bagian dasar dudukan katup dengan ibu jari. Bila katup dilepaskan akan turun dengan cepat dan berhenti di tempat ring pembebas menutup dudukan lubang katup, apabila katup dilepaskan tidak turun dengan cepat berarti katup rusak dan diganti dengan satu set.

Gambar 83. Pemeriksaan kerapatan katup pemberi.

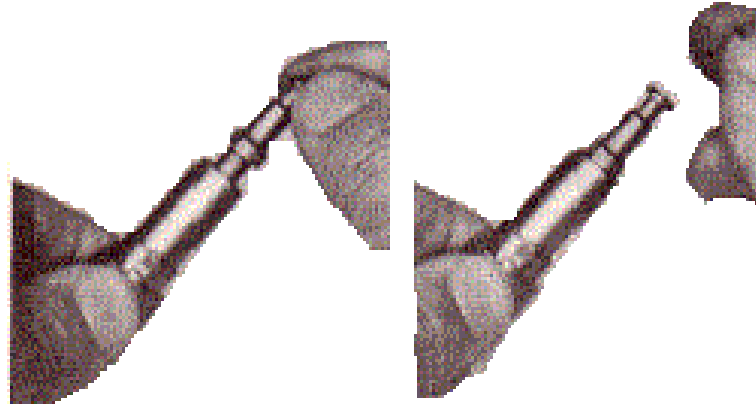
  - Menutup lubang dasar dudukan katup dengan ibu jari, selanjutnya katup dimasukkan kedalam dudukan katup dan ditekan dengan jari. Bila jari dilepaskan maka katup akan naik ke atas pada posisi semula dan bila keadaan tidak

demikian berarti katup telah aus atau rusak dan harus segera dilakukan penggantian dengan satu set.

Gambar 84. Pemeriksaan keausan katup pemberi.

- Menarik katup ke atas, bila katup dilepaskan maka katup akan turun akibat dengan berat sendirinya. Bila terjadi kerusakan segera dilakukan penggantian satu set.

Gambar 85. Pemeriksaan kerja katup.

- Pemeriksaan *plunyer* dan silinder/barrel

  Dalam pemeriksaan plunyer dan silinder / barerel dengan cara memiringkan sedikit silinder dan mengeluarkan *plunyer*. Bila plunyer dilepaskan akan turun pelan-pelan oleh beratnya sendiri

selanjutnya *plunyer* diputar dan melakukan pemeriksaan seperti sebelumnya. Jika pada satu titik posisi tidak baik maka *plunyer* dan silinder harus dilakukan penggantian satu set.

Gambar 86. Pemeriksaan presisi plunyer dan silinder.

- Pemeriksaan control *rack* dan pinion, dilakukan dengan permukaan gigi pinion dari kerusakan atau keausan.
- Pemeriksaan *tappet* dan *roller*, bushing dari kemungkinan keausan dan kerusakan. Diperiksa pula kelonggarannya pada kondisi terpasang.
- Pemeriksaan poros nok dari keausan dan kerusakan. Diperiksa pula perapat olinya dan bantalannya.

(1) Membongkar pompa penekan bahan bakar sistem governor mekanik

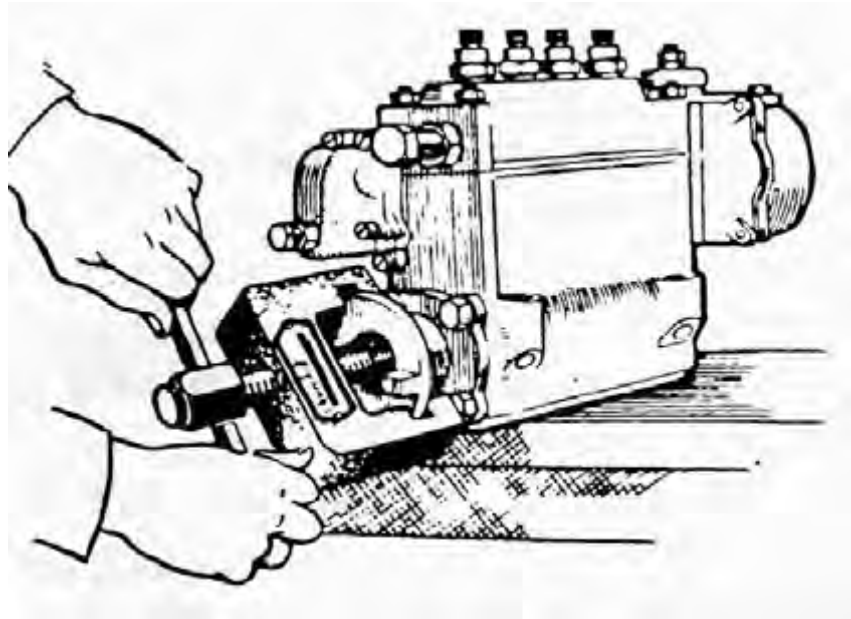
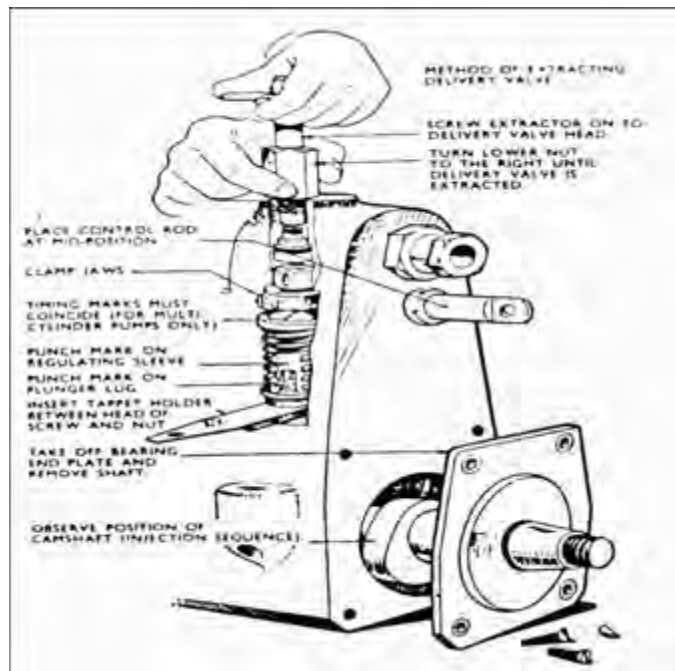
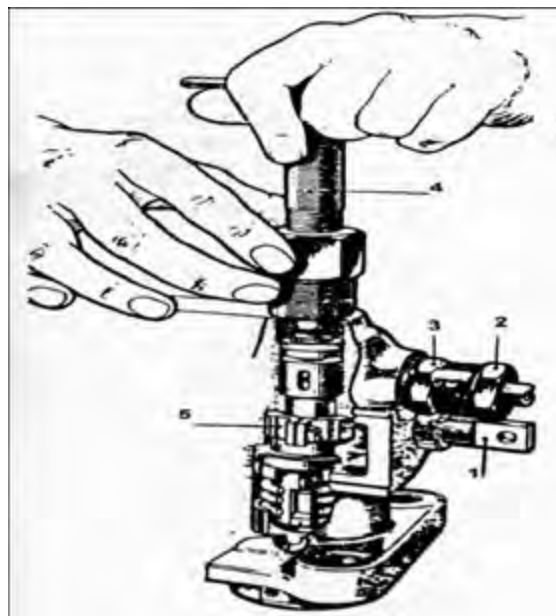
Prosedur membongkar pompa penenkan bahan bakar meliputi beberapa langkah yaitu :

a. Lepaskan pompa penekan bahan bakar dari dudukannya pada mesin diesel.
b. Bersihkkan pompa penekan bahan bakar tersebut dengan minyak solar secukupnya.

c. Pasang pompa penekan bahan bakar tersebut pada bangku standar pemasangan.
d. Lepaskan lengan pengatur bahan bakar (*acclerator lever*).
e. Lepaskan tutup atau rumah mekanik *governor*.
f. Lepaskan sambungan pengatur rumah mekanik *governor* dan keluarkan komponen bagian dalamnya dan perhatikan bilamana terdapat pelat tipis ada lengan tersebut.
g. Lepaskan semua bagian dari mekanik sentrifugal.
h. Putarkan *nokken as* pompa penekan dengan memakai alat *puller* dan *holder flens* kopling pompa. Dengan memutarkan *nokken as* sesuai dengan urutan pemompaan tonjolannya mengenai bagian *tappet* (penumbuk pompa), maka pada bagian penumbuk tersebut ditahan di bagian atasnya dengan mempergunakan garpu penahan (*insert tappet holder*). Pekerjaan tersebut dilakaukan berturut-turut pada setiap bagian dari penumbuk (*tappet*), sehingga seluruh bagian dari penumbuk tertahan oleh garpu penahan.
i. Keluarkan *nokken as* pompa penekan dan jangan lupa perhatikan tanda-tanda yang terdapat pada pompa injeksi
j. Ubahlah kedudukan pompa penekan dengan cara memutarkan pada bagian bangku standar pemasangan,sehingga tempat kedudukan pompa penekan bagian bawah menghadap ke atas dan buka tutup-tutup bagian bawah tersebut. **Perhatian** : sebelum saudara akan melanjutkan pekerjaan tersebut, maka terlebih dahulu harus mempersiapkan tempat yang berkotak-kotak sebagai tempat penyimpanan komponen-komponen yang telah dibongkar yang satu terhadap yang lainnya. Komponen-komponen yang telah dibongkar diusahakan yang satu dengan yang lain jangan sampai tertukar, oleh sebab itu kotak-kotak

penyimpanan komponen sebaiknya diberi nomor urut. Di samping itu, pada waktu pembongkaran perhatikan letak kedudukan pelat-pelat *shim* dan jumlahnya.

k. Miringkan pompa penekan tersebut dan lepaskan garpu-garpu penahan dan keluarkan penumbuk-penumbuk *plunyer*.
l. Dengan alat khusus keluarkan setiap *plunyer-plunyer* dan silindernya (*plunyer barrel*). Masukkan *plunyer-plunyer* yang telah terbongkar tersebut ke dalam solar dan hati-hatilah bagian yang halus dari *plunyer* tidak boleh terpegang oleh tangan, jatuh/tertimpa dengan benda lain. Jika plunyer tidak direndam oleh solar akan menyebabkan karatan karena pengaruh dari kelembaban udara.
m. Keluarkan semua pegas-pegas beserta mangkok-mangkok penahannya dan tabung pemutar *plunyer* (*sleeve and plunyer*).
n. Dalam keadaan kedudukan pompa penekan tegak lurus, lepaskan rumah katup pelepas (*delivery valve holder)* beserta pegas-pegasnya. Berilah tanda pada setiap susunan komponen pompa pada tempatnya dan jangan dicampur satu dengan yang lain.
o. Dengan alat khusus sebagai penarik katup *delivery* (*tool for extracting delivery valve*), keluarkan katup *delivery* beserta dudukannya. Seperti halnya pada *plunyer* maka katup pelepas (*delivery valve)* tidak boleh disentuh atau terpegang oleh tangan.
p. Keluarkan setiap silinder *plunyer* (*plunyer barrel*), terlebih dahulu dan lepaskan baut-baut penahannya.
q. Susunlah kembali perlengkapan komponen pompa penekan masing-masing pada tempatnya.

r. Keluarkan batang pengatur bahan bakar (*control rod rack*), sebelum mengeluarkan lepaskan terlebih dahulu baut penahan batang pengatur bahan bakar yang terdapat di belakang sisi pompa penekan.
s. Lepaskan pompa penekan bahan bakar dari duduknya pada bangku standar.
t. Bersihkan dan cucilah komponen pompa penekan dengan minyak solar dan semprotkan dengan udara dari kompresor angin.

Gambar 87. Cara penempatan *puller* dan *holder* pada *flens* kopling pompa *holder*.

Gambar 88. Cara penempatan garpu penahan penumbuk.

Gambar 89. Pompa diletakkan pada garpu penahan

Keterangan gambar

1. Batang pengatur bahan bakar.
2. Mur nipel pemasukan bahan bakar.
3. Stud penghubung pemasukan bahan bakar.
4. Alat khusus pembuka katup.
5. Gigi pemutar *plunyer*.

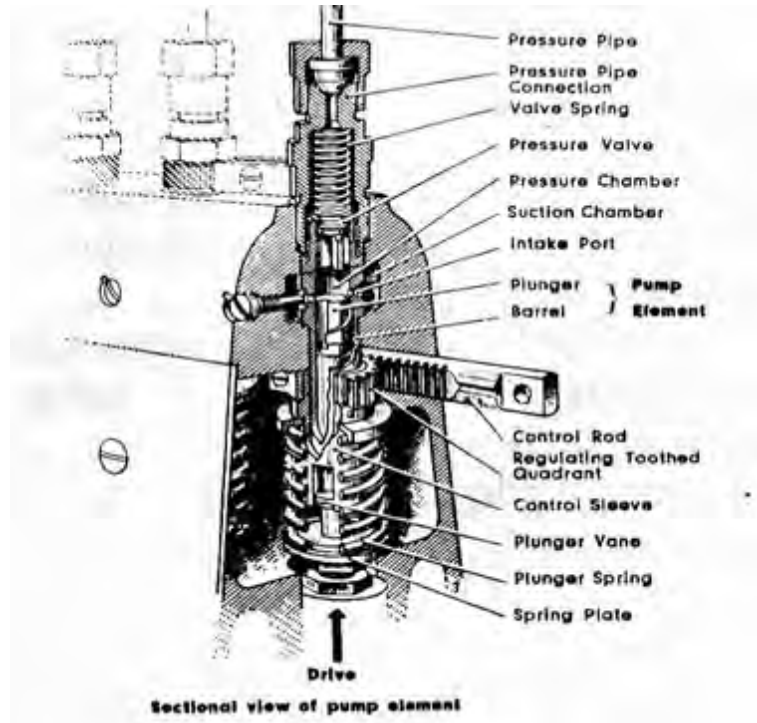
(2) Pemeriksaan pompa penekan bahan bakar

Sesudah diadakan pembersihan secukupnya pada komponen-komponen pompa penekan bahan bakar, maka harus diadakan pemeriksaan sebagai berikut

- Periksa batang pengatur bahan bakar dari kemungkinan bengkok atau aus.
- Rumah atau tutup mekanik sentrifugal dari kemungkinan retak.
- Semua komponen pengatur di dalam rumah mekanik sentrifugal diperiksa untuk memungkinkan rusak atau aus.
- Pemeriksaan pada mekanik sentrifugal
  - Periksa keadaan tekanan daripada pegas-pegas menurut ketentuan yang telah diberikan dari pabrik dan juga diperiksa mengenai kebengkokkan dan keausan.
  - Bila keadaan pegas-pegas tersebut tidak memenuhi syarat yang diperlukan harus diganti dengan pegas yang baru.
- *Nokken as* pompa: Periksa tinggi nok dari kemungkinan keausan, hasil pemeriksaan ini juga disesuaikan dengan petunjuk yang telah ada.
- Bantalan-bantalan pompa: Periksa dari kerusakan yang terjadi pada bantalan, bilamana pada bantalan terdapat

warna yang hitam seperti bekas terbakar, maka menandakan bahwa bantalan-bantalan ini menerima panas yang lebih tinggi.

- Penumbuk p*lunyer* (*tappet*) : Periksa rol pada penumbuk dan pennya dari kerusakan. Pada umumnya bilamana rusak maka akan diganti dengan satu set yang baru.
- Periksa pegas-pegas plunyer dari kemungkinan bengkok atau tidak sama tinggi.
- *Plunyer* dan silinder : pengetesan dan pemeriksaan ini dianggap sebagai suatu bagian yang tidak terpisah. Pasang *plunyer* dalam lubang silinder maka dia akan meluncur dalam silinder dengan beratnya sendiri. Dalam pemasangan *plunyer* pada silinder letak *plunyer* harus sesuai dengan letak pemasangan pada pompa.
- Periksa keadaan mangkok pegas dan tabung pemutar plunyer dari kerusakan.
- Periksa gigi pemutar dan tubang pemutar plunyer jangan diadakan perubahan, bilamana keadaannya masih baik. Kedua bagian ini merupakan pasangan yang saling kerja sama.
- Rumah katup pelepas (*delivery valve holder*) : Periksa jika terjadi kerusakan pada alur gigi tempat baut pengunci rumah katup pelepas.
- Periksa katup pelepas dan kedudukan dari kemungkinan rusak atau aus dan periksa kebocoran katup tersebut dengan minyak solar apakah terjadi tetesan.
- Periksa keadaan kedudukan batang pengatur bahan bakar, harus dapat bergerak bebas dan ringan pada penghantarnya.

Bagian – bagian pompa penekan bahan bakar tampak samping pada gambar 90.

Gambar 90. Potongan pompa penekan tampak samping

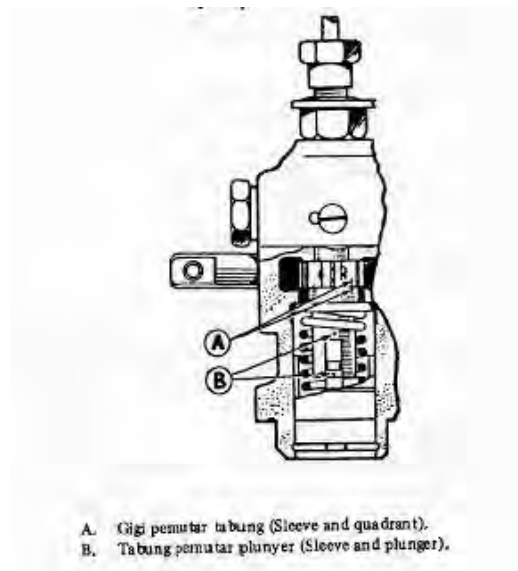
(3) Merakit pompa penekan bahan bakar

Sebelum merakit kembali saudara harus melakukan analisa dan pemeriksaan pada pompa penekan bahan bakar tersebut, apakah terjadi kerusakan pada komponen-komponen pompa atau terjadi kekurangan-kekurangan yang penting kesemuanya harus dalam keadaan bersih sebelum pompa tesebut dirakit kembali. Pekerjaan merakit pompa adalah kebalikan dari membongkar pompa.

Prosedur merakit pompa penekan bahan bakar adalah sebagai berikut.

- Batang pengatur bahan bakar (*control rod*) : Tempatkan batang pengatur bahan bakar dalam posisi yang betul dalam rumahnya dan harus bergerak bebas (tidak longgar) pada bantalan-bantalannya. Gerakkan batang pengatur kalau kita ukur ± 150 gram.
- Silinder dan *plunyer* (*barrel and plunger*): Pasang kembali silinder pada tempatnya dan tahan dengan baut penahan. Tabung silinder tidak boleh berputar pada tempatnya.
- Katup pelepas (*delivery valve*) : Katup ini mempunyai *sear ring* yang terbuat dari tembaga dan harus diganti setiap reparasi pompa. Jangan dipergunakan *seal ring* dari logam lain. Gunakan kunci momen kerasi rumah tutup katup-katup pelepas dengan kekuatan 29 lbs feet atau 4 kg m atau sesuai dengan petunjuk yang diberikan oleh pabrik.
- Gigi pemutar *plunyer* (*control quadrant*) : Pasang gigi pemutar *plunyer* pada tabung pemutar *plunyer*. Setelah itu, pasang gigi pemutar *plunyer* dengan gigi pada batang pengatur bahan bakar pada posisi ditengah. Dalam hal ini semua alur-alur gigi disesuaikan dalam posisi yang sama, dan harus diperhatikan tanda-tanda yang terdapat pada waktu pemasangan. Periksa gerakan batang pengatur bahan bakar ke kiri dan ke kanan, maka gigi-gigi pemutar tersebut selalu dalam posisi yang sama, maksudnya untuk mempermudah dalam melakukan kalibrasi pompa.
- *Plunyer* dan pegas pengembali : Dengan alat yang khusus, pasanglah *plunyer* pada silindernya. Anda harus perhatikan sesuatu tanda yang terdapat pada *plunyer* bagian bawah, untuk menyakinkan bahwa *plunyer* dalam posisi yang betul terhadap silinder.

- Penumbuk (*tappet*). Dengan mempergunakan alat yang khusus pasang kembali penumbuk - penumbuk pada tempatnya.
- Dengan menekan penumbuk ke atas tahanlah penumbuk-penumbuk tersebut dengan garpu penahan.
- Pasang *nokken as* pompa beserta bantalannya dan harus yakin bahwa tanda yang terdapat pada *nokken as* sudah betul atau belum kedudukannya. Melalui lubang penutup bagian bawah, periksalah keadaan *nokken as* maupun bantalannya apakah sudah pada posisi yang betul. *Nokken as* harus mempunyai gerakan bebas ke depan dan ke belakang sesuai dengan ketentuan yang ada.
- Dengan memutar-mutar *nokken as*, keluarkan semua garpu penahan penumbuk.
- Pasang kembali tutup-tutup bagian bawah.

Pada saat pemasangan pompa penekan bahan bakar harus diperhatikan tanda – tanda pemasangan gigi pemutar dan plunyer seperti gambar 91.

Gambar 91. Tanda – tanda pemasangan gigi pemutar dan plunyer

Setelah pekerjaan merakit pompa penekan bahan bakar selesai, sebelum pompa tersebut diuji dengan bangku pengujian kalibrasi kita harus yakin bahwa *nokken as* pompa dapat berputar bebas. Artinya, bahwa *plunyer* tidak mengenai dan menyinggung bagian dari katup pelepas. Apabila nokken as tidak dapat berputar bebas akan menimbulkan kerusakan pada *plunyer* maupun pada katup pelepas. Untuk mengetahui nokken as berputar bebas kita mengadakan pemeriksaan celah (*clearance*) dari katup pelepas tersebut.

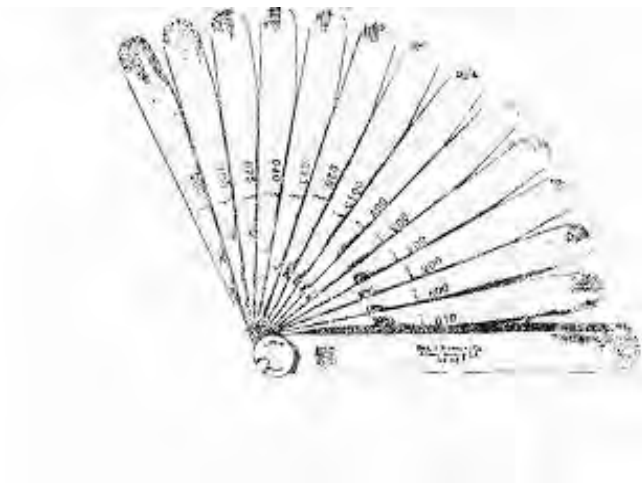
(4) Pengecekan speling pemompaan plunyer dengan dial indicator

Dalam melakukan pengecekan speling pemompaan plunyer meliputi beberapa prosedur yaitu :

- Buka mur nipel salurang bahan bakar tekanan tinggi yang menuju ke *injector*.
- Buka rumah katup pelepas.
- Keluarkan katup pelepas dari dudukannya.
- Pasang kembali rumah katup pelepas.
- Pasang alat *dial test indicator* dengan jarum pengukur masuk ke dalam lubang, sedang meter pengukur dapat dibaca di bagian luar.
- Putarkan *nokken as* pompa dengan tangan dari titik mati bawah sampai titik mati atas.
- Pada kedudukan *plunyer* bergerak ke atas yaitu pada top TMA maka alat *dial test indicator* menunjukkan pada angka nol. Jika penunjukkan tidak nol maka alat *dial* harus diset supaya penunjukkan menjadi nol.
- Mengungkit bagian penumbuk (*tappet*) maka pembacaan indikator dapat langsung kita lihat dari pemompaan *plunyer*.

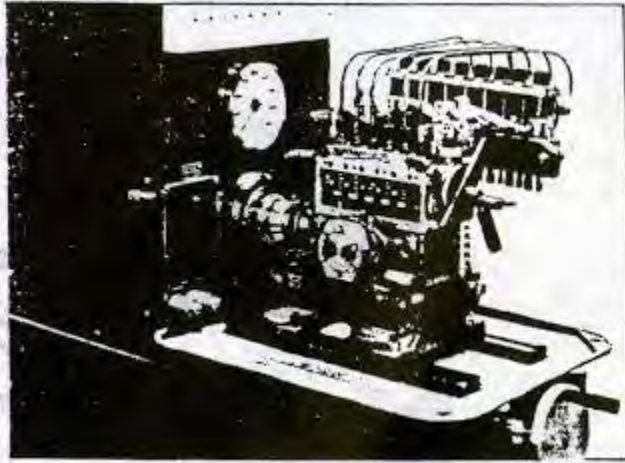
Contoh: Menurut ketentuan celah tersebut 0,30 mm, maka selama penumbuk diungkit hasil pembacaan pada skala indikator adalah 0,30 mm. Bilamana pembacaan tersebut kurang atau lebih dari ketentuan di atas maka harus diadakan penyetelan pada bagian penumbuk (*tapper*) dengan cara mengubah-ubah dengan menaikkan dan menurunkan baut penyetel pada bagian penumbuk (*tappet*).

(5) Pengecekan dengan mempergunakan alat *'Feeler Gauge'*

Putarkan *nokken as* pompa sehingga nok pada kedudukan paling tinggi dengan mengungkit atau mengangkat ke atas bagian penumbuk pada kedudukan maksimum maka kita dapat mengukur celah antara penumbuk dan *plunyer* dengan memakai alat' *feelergauge*s.

Gambar 92. Bentuk alat feeler gauge

(6) Pengetesan pompa penekan (injeski) pada bangku penguji pompa

Penyetelan dan pemeriksaan waktu pemompaan bahan bakar (*injection timing*) oleh pompa injeksi dengan tujuan agar

pemompaan bahan bakar dimulai dan selesai pada waktu yang tepat. Waktu (*timing*) pemompaan bahan bakar harus kita setel pada waktu yang sama pula. Penyetelan dimulai dengan *plunyer* nomor 1 dan dilanjutkan penyetelan berikutnya sesuai dengan *firing order* motor.

Gambar 93. Pompa injeksi terpasang pada bangku penguji

Dalam pengetesan pompa injeksi pada bangku penguji meliputi beberapa hal yaitu : 1) penyetelan sudut *phasing*, 2) pengujian kalibrasi

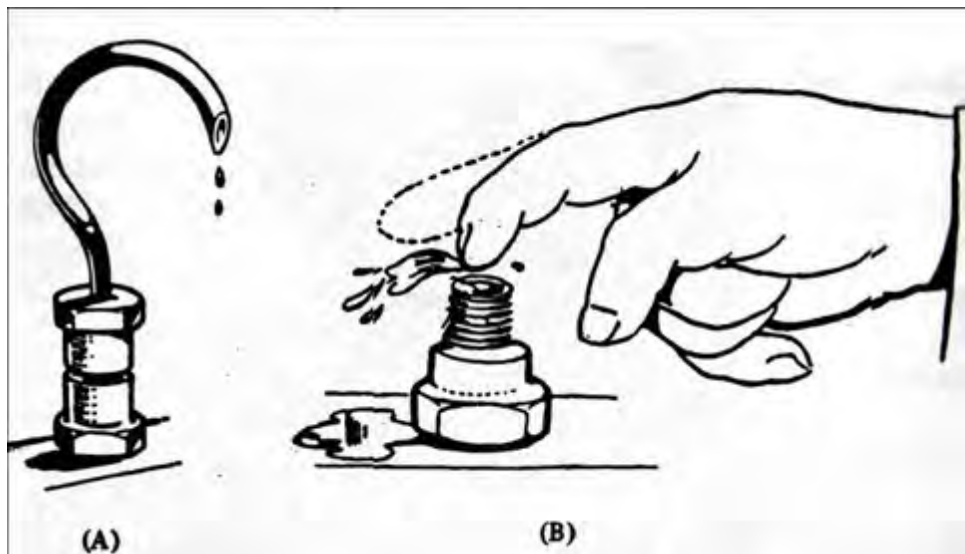
- Penyetelan sudut phasing

  Penyetelan sudut phasing meliputi beberapa prosedur yaitu :

  - Pasang pompa injeksi pada bangku penguji pompa dan hubungkan *nokken as* pompa dengan kopling penghubung pada bangku penguji.
  - Hubungkan selang tekanan tinggi pada pompa injeksi.
  - Tempatkan batang pengatur bahan bakar (*control rod)* pada posisi tengah.

- Keluarkan udara palsu pada pompa injeksi dengan menghidupkan mesin bangku penguji.
- Setelah udara palsu terbuang pada pompa injeksi matikan mesin bangku penguji.
- Putarkan *nokken as* pompa injeksi dengan tuas tongkat untuk mendapatkan letak plunyer no. 1 pada posisi puncak (top) atau akhir pemompaan dari *plunyer*. Atur/setelah lah bagian penumbuk (*tappet*), sehingga mendapatkan kelonggaran (*spelling*) 0,5 mm.
- Buka mur nipel slang tekanan tinggi dan rumah katup pelepas, setelah itu keluarkan katup pelepas dari dudukannya pada tiap-tiap elemen pompa.
- Setelah katup pelepas (*delivery valve*) terlepas maka pasang kembali rumah katup pelepas pada dudukannya, setelah itu pasang pipa-pipa sudut pada tiap-tiap elemen pompa bagian rumah katup pelepas.
- Hidupkan mesin penguji, sehingga solar mengalir keluar pada setiap lubang pipa sudut, dan matikan mesin penguji.
- Putarlah *nokken as* pompa injeksi dengan tuas tongkat searah putaran mesin sampai plunyer elemen no. 1 mendekati terhenti pengaliran bahan bakar yang keluar dari lubang pipa sudut.
- Tahan tuas tongkat sehingga bahan bakar terhenti mengalir sama sekali dan dari pipa sudut.
- Atur dan luruskan tanda penunjuk pada bagian dari bangku penguji yang dapat disetel pada piring skala derajat (*pump phasing degree ring*), tepatkan dengan angka (0) dari skala piring pemutar.

- Penyetelan dilakukan pada setiap elemen pompa dan harus sesuai dengan firing order motor diesel bersangkutan. Akhir pemompa yang dilakukan oleh *plunyer* pada lubang pemasuk bahan bakar ke selang tekanan tinggi harus terjadi 60 derajat + 1 derajat sesudah elemen *plunyer* no. 1 untuk pompa injeksi 6 elemen *plunyer*, 90 derajat + 1 derajat sesudah elemen no. 1 untuk pompa injeksi 4 elemen *plunyer*.
- Kalau penutupan lubang pemasuk oleh plunyer terjadi di luar ketentuan ini, maka kita harus mengadakan penyetelan pada bagian penumbuk (tappet)
- Ulangi pekerjaan tersebut pada semua elemen pompa, sehinga mendapatkan sudut *phasing* yang tepat.

Pada gambar 94 (A) dan (B) menunjukkan bentuk pipa sudut dalam keadaan terpasang dan kondisi bahan bakar keluar pada saat akhir dari timing pemompaan plunyer.

Gambar 94. (A) bentuk pipa sudut dalam keadaan terpasang, (B) bahan bakar keluar pada akhir timing

- Pengujian Kalibrasi pompa injeksi

  Sebelum kita melaksankan pengujian kalibrasi maka semua penyetelan pendahuluan harus kita lakukan yang penting antara lain:

  - Penyetelan *spelling* penumbuk (*tappet*).
  - Penyetelan sudut *phasing* pompa injeksi.

  Selanjutnya kita harus pula yakin bahwa tekanan pengabutan bahan bakar yang keluar dari pengabut (*injector*) maupun pada injeksi sendiri memenuhi syarat-syarat yang diperlukan. Pengujian kalibrasi pompa injeksi tergantung daripada jenis pompa injeksi itu sendiri. Tujuan kalibrasi pada pompa injeksi ialah untuk menguji hasil penyemprotan bahan bakar tiap-tiap elemen *plunyer*, dalam isi (CC) bahan bakar, kecepatan putaran pompa dan langkah yang sama dari setiap elemen *plunyer* dan sesuai dengan data pada *manual book*. Untuk pengujian kalibrasi pompa injeksi ini kita ambil contoh yaitu pompa injeksi merk BOSCH dengan pompa no. PES 6 A 70 B 410 L 14 / 12.

(7) Kalibrasi pompa injeksi tanpa pengatur *governor*

Dalam pelaksanaan kalibrasi pompa injeksi ada beberapa prosedur yaitu :

- Pasang pompa injeksi pada bangku pengunji dan hubungkan slang tekanan tinggi bahan bakar melalui mur nipel pompa injeksi serta slang pengabut (*injector*) tekanan tinggi.
- Pengecekan pertama:
  - Gerakkan batang pengatur bahan bakar dalam keadaan maximum 12 mm.

- Jalankan mesin bangku penguji dan buanglah udara palsu serta putarkan roda pengatur kecepatan (*speed control hand wheel*) dan lihatlah pada indikator pengontrol kecepatan (*tachometer*) dengan penunjukkan 1500 RPM.
- Setel penghitung otomatis langkah (*shout counter control*) pada skala 300 dalam hal ini penunjukkan dapat dilihat indikator tekanan aliran bahan bakar (*fuel feed pressure gauge*).
- Putarkan kran pada posisi ON (*turn over plate control*) maka bahan akan mengalir pada gelas ukuran dalam isi 14 centimeter cubic per menit dan penunjukan bahan bakar pada gelas ukuran harus sama tinggi.
- Tekanan pompa injeksi dapat terbaca pada indicator pressure gauge dalam satuan Kg/cm2 atau Lb/ $inch^2$.

* Pengecekan kedua:
  - Gerakkan *control rack* pada posisi stasioner 9 mm!
  - Dengan 300 langkah pemompaan pada 300 RPM maka menghasilkan pemompaan 2,7 cc. Bilamana hasil pemompaan yang dicapai tidak sesuai dengan ketentuan yang diberikan pada data manual maka kita adakan penyetelan dengan merubah sikap dan posisi dari *plunyer* yaitu dengan cara merubah kedudukan dari gigi pemutar tabung *plunyer*.
  - Periksa hasil penyemprotan tiap elemen plunyer pada gelas pengukur sesuai dengan data spesifikasi yang diizinkan yaitu sekitar 2% - 3 %.
  - Dalam pengujian kalibrasi pompa injeksi kita harus mengetahui jenis dari pompa injeksi yang akan diuji tersebut, apakah mempergunakan pengatur *governor* mekanik atau *governor pneumatic*.

(8) Menguji kalibrasi *governor* mekanik

Dalam pelaksanaan pengujian kalibrasi governor mekanik ada beberapa prosedur yaitu :

- Pasang mekanik *governor* pada dudukanya pada rumah *governor*.
- Setelah pegas-pegas dari mekanik *governor* dengan mengeraskan mur yang ada padanya sampai maksimum, dengan demikian bobot sentrifugal tidak bekerja.
- Hubungkan lengan pengatur bahan bakar pada bagian *governor* melalui tuas ayunan pengatur.
- Dengan pegas-pegas *governor* terpasang pada kedudukanya yang betul dan menyetel sekrup lengan pengatur bahan bakar pada kedudukan maksimum untuk menghasilkan bahan bakar yang disebut dalam data manual untuk menguji mekanik *governor*.
- Putarlah roda pengatur kecepatan pada bangku penguji pompa injeksi secara perlahan-lahan sambil amati batang pengatur. Kecepatan putaran pompa pada saat batang pengatur mulai bergerak menuju posisi menambah pemberian bahan bakar.
- Setiap penyetelan sekrup pada pengatur (*governor*) satu putaran ke kiri maka putaran pompa akan berubah-ubah antara 50 - 100 RPM, disebabkan dari perubahan dari pengatur kecepatan (governor)
- Periksa putaran pompa injeksi sesudah tiap-tiap penyetelan, sehingga sampai kepada kecepatan putaran yang dikehendaki, hal ini biasanya terlihat jelas pada perubahan dari bobot sentrifugal pada rumah *governor*. Bila terdapat angka pada data manual 250 / 1500 RPM dan *governor* harus

mengembalikan sikap lengan pengatur bahan bakar pada sikap membatasi dan mengurangi pemompaan bahan bakar.

(9) Menguji kalibrasi governor pneumatic

Dalam pelaksanaan pengujian kalibrasi governor pneumatik ada beberapa prosedur yaitu :

- Setel sekrup penyetelan bahan bakar untuk memberikan pemompaan bahan bakar yang maksimum seperti yang dinyatakan dalam data pengujian *governor*.
- Kendorkan pena penahan putaran lambat melalui baut penyetel dan putarkan keluar sekrup beberapa putaran.
- Jalankan mesin bangku penguji pompa injeksi pada kecepatan putaran yang dianjurkan pada data manual pengujian governor.
- Jalankan pompa vakum pada mesin bangku penguji, dan tambahkan kevakuman pada ruang pengatur pompa injeksi sehingga batang control rack mulai bergerak dan catat keadaan ini.
- Tambah terus kevakuman udara pada ruang pengatur hingga bahan bakar berhenti mengalir ke dalam tabung penguji.
- Bandingkan besarnya kevakuman udara yang diberikan dengan lembaran data untuk pengujian pompa injeksi.
- Kembalikan sekrup penyetelan bahan bakar dari keadaan maksimum kepada keadaan jalan normal.
- Setel baut sekrup penyetelan jalan lambat sampai didapat putaran stasioner yang diijinkan.

n) Gangguan – gangguan pada pompa penekan / injeksi bahan bakar pada motor diesel meliputi :

Adapun gangguan – gangguan yang terdapat pada pompa injeksi bahan bakar meliputi beberapa bagian yaitu :

- Di dalam pompa penekan/injeksi bahan bakar terdapat udara
  Udara harus dikeluarkan dari keseluruhan instalasi pompa penekan/injeksi bahan bakar. Kesalahan yang disebabkan oleh masuknya udara pada saluran bahan bakar perlu diperhatikan. Masuknya udara pada saluran bahan bakar menyebabkan bahan bakar solar tidak dapat mengalir dan tidak menghasilkan pemompaan bahan bakar ke injektor/*nozzle*.
- Pompa penekan/injeksi bahan bakar tidak dapat memberikan jumlah bahan bakar yang merata dalam tiap-tiap pemompaan. Pada umumnya penyebab ini adalah katup pelepas/delivery valve di atas *plunyer* dari elemen pompa penekan/injeksi bahan bakar dalam keadaan tergantung atau kemungkinan juga keadaan *plunyer* tergantung. Jadi gangguan disebabkan oleh penggunaan bahan bakar yang tidak bersih (kotor). Elemen pompa penekan/injeksi bahan bakar harus dibongkar dan dibersihkan dengan bahan bakar solar yang bersih. Adanya kotoran dalam pompa penekan/injeksi bahan bakar disebabkan saringan bahan bakar yang kotor sehingga menyebabkan bahan bakar yang masuk ke dalam pompa penekan/injeksi membawa kotoran.
- Pompa penekan/injeksi bahan bakar memberikan jumlah bahan bakar yang sedikit sekali. Pengaturan kecepatan (*governor*) tidak dapat mempengaruhi secara tepat terhadap kerja dari pompa penekan/injeksi bahan bakar.

- Penyemprotan bahan bakar tidak cepat

  Kedudukan *noken as* pompa penekan/injeksi bahan bakar perlu diperiksa, bila perlu disetel kembali sehingga dapat ditepatkan saat bahan bakar disemprotkan ke ruang bakar.
- Pompa penekan/injeksi bahan bakar boros

  Penyetelan pengatur kecepatan tidak tepat sehingga bahan bakar boros dan pegas elemen pompa tegang (sudah tidak berfungsi/elastis)

o) *Governor* sebagai alat pengatur kecepatan pada motor diesel

Pada motor diesel, sebuah alat pengatur sangat diperlukan untuk mengatur putaran motor diesel yang sangat tingi dan melindungi motor diesel karena kerja terlalu berat, sebagaimana pula untuk menstabilkan putaran motor yang rendah. Terutama pada jumlah aliran bahan bakar yang disemprotkan pada putaran rendah sedikit dan perubahan yang sangat besar dalam jumlah penyemprotan bahan bakar meskipun batang pengatur/jarum pengatur bergerak sedikit.

Ada dua macam jenis *governor* yaitu :

a. *Governor* mekanik
b. *Governor pneumatic*

Governor mekanik, dimana gaya sentrifugal dipakai sebagai obyek perputarannya. Governor pneumatic dimana dipergunakannya tekanan vakum di dalam saluran udara masuk (*intake manifold*) yang berfluktuasi dengan adanya perubahan beban dan putaran motor.

Dalam hal operasinya, ada putaran *governor* yang maksimum dan minimum yang hanya mengatur putaran mesin tertinggi dan terendah (pengaturan limit) dan ada *governor-governor* yang dapat

mengatur putaran motor untuk segala kondisi putaran. Untuk itulah sebuah *governor* sangat diperlukan secara otomatis mengatur sejumlah aliran penyemprotan dan menstabilkan putaran motor pada beban yang berubah- ubah.

Adapun tipe – tipe governor adalah

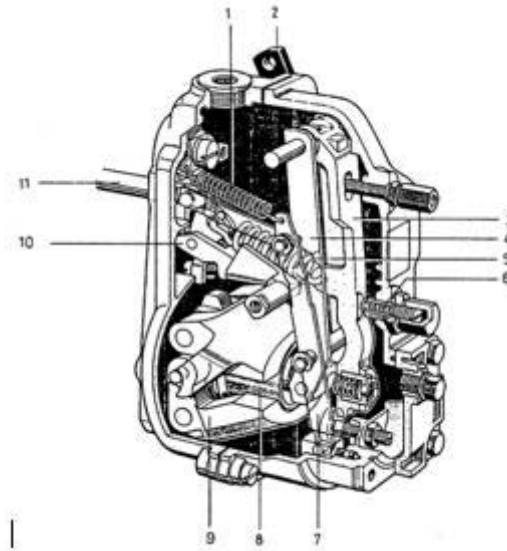
a. Tipe udara (air type) atau pneumatic governor.
b. Tipe sentrifugal (mechanical governor).

Dalam penggunaan pada motor diesel meliputi :

a. Kecepatan maksimum dan minimum *governor*.
b. Segala jenis *governor*.

(1) Pemakaian governor pada motor diesel kapal dengan mesin diesel konvensional

Jumlah pengiriman bahan bakar dari pompa diatur oleh *governor* sesuai dengan kebutuhan motor. *Governor* selalu berperan dan mengendalikan *output* motor. Jika terjadi dalam perubahan yang diinginkan maka *governor* akan segera bertindak mengatur pemasukan bahan bakar untuk mengendalikan *output*. Jadi, *governor* merupakan suatu alat kontrol otomatis, governor berperan mengatur kecepatan rata-rata motor untuk penggerak mula, apabila terjadi variasi kecepatan akibat fluktuasi beban. Jika beban motor meningkat, kecepatan motor pun menurun dan wujud *governor* akan bertambah dengan perubahan sehingga menggerakkan katup untuk memperbanyak *supply* fluida kerja untuk mengimbangi kenaikan beban motor. *governor* berfungsi untuk mengendalikan jumlah bahan bakar ke motor bila beban berubah dan mempertahankan kecepatan rata-ratanya, di dalam batas tertentu.

Adapun bagian bagian dari komponen *governor* secara umum seperti ditunjukkan pada Gambar 95 berikut.

Gambar 95. Komponen *governor*.

1. Pegas *start*.
2. Tuas penyetel.
3. Tuas tarik.
4. Tuas antar.
5. Pegas pengatur.
6. Pegas tambahan (*idle*).
7. Tuas pengatur.
8. Bantalan antar.
9. Bobot sentrifugal.
10. Tuas ayun.
11. Batang pengatur.

Pada motor diesel konvensional umumnya menggunakan governor *mekanik*. Secara umum *governor* mekanik mempunyai fungsi yang sangat penting dalam pompa injeksi demi mengatur volume bahan bakar yang akan diinjeksikan dan meregulasi atau

mengatur putaran motor agar tidak terjadi kelebihan putaran, karena kita tahu bahwa semua komponen-komponen yang ada pada kendaraan mempunyai batas kemampuan. Jadi agar komponen-komponen tersebut dapat digunakan pada waktu yang lama maka kerja komponen itupun harus ada batasnya.

Aksi gaya sentrifugal, berat bola-bola dan tuas akan mengangkat bola-bola pada radius tertentu yang besarnya tergantung pada kecepatan motor. Bila kecepatan anguler *spindle governor* meningkat, maka gaya-gaya sentrifugal bola-bola menyebabkan bergeser keluar sehingga mengangkat selongsong D dengan perantaraan *hirks* sebelah bawah. Jika beban penggerak mula dikurangi, kecepatan akan naik, radius lintasan bola akan membesar dan slongsong akan terangkat. Gerakan ke atas selongsong memperkecip pembukaan katup dan gerakan ke bawah selongsong akan memperbesar pembukaan katup.

Bila selongsong berada di posisi paling atas, katup akan tertutup rapat. Sebaliknya bila selongsong berada di posisi paling atas, katup akan terbuka selebar-lebarnya. Posisi tertinggi dan terendah selongsong, juga jarak perpindahan total selongsong pada umumnya dibatasi oleh dua pembatas. Besar radius lintasan bola selalu bersesuaian dengan kecepatan rotasi tertentu, sehingga motor yang dikontrol *governor* dapat dibatasi kecepatannya di dalam suatu *range* tertentu yang diatur oleh gerak selongsong naik turun di antara dua pembatasnya.

Gambar 96. G*overnor* mekanik/sentrifugal.

Sedangkan pada motor diesel kapal dengan kapasitas motor yang jauh lebih besar dari pada motor diesel konvensional menggunakan jenis *governor pneumatic*.

Gambar 97. *Governor pneumatik*.

Governor ini menggunakan kevakuman dari intake manifold dan mempunyai stabilitas kecepatan yang baik sekali. *Pneumatic governor* dipasang pada bagian belakang pompa injeksi, di mana fungsi pompa injeksi bahan bakar pada motor diesel untuk memasukkan bahan bakar ke dalam ruang pembakaran melalui pengabut pada saat yang telah ditetapkan dalam jumlah sesuai dengan daya yang dihasilkan.

Governor ini dipisahkan oleh diafragma menjadi 2 ruangan (ruang A dan B). Ruang A dihubungkan dengan venturi oleh selang dan dengan saringan udara oleh katup *throttle*, ruang B dihubungkan dengan katup *throttle* (venturi pembantu) bagian *manifold* diagram dihubungkan dengan salah satu ujung kontrol *rock* dan selalu dalam keadaan terdorong oleh pegas utama ke bagian penyemprotan maksimum. Ketika mesin bekerja, diafragma ini bergerak dengan adanya perbedaan tekanan antara vacum dan saringan udara dan pengontrolan bahan bakar dipengaruhi oleh keseimbangan antara diafragma dan pegas utama. Prinsip kerja *governor pneumatic* adalah pada saat mesin mati pegas pengembalian diafragma menekan diafragma dan bidang bergerigi kearah kiri pada posisi bahan bakar penuh. Jika mesin di *starter* sumber vakum dan plat *throttle* bekerja mendorong difragma kearah kanan sehingga mengurangi penyaluran oleh pompa injeksi dan mengontrol kecepatan mesin sesuai dengan posisi throttle. Saat throttle dibuka supply vakum pada diafragma menurun sehingga diafragma terdesak ke kiri oleh pegas pengembalian yang memungkinkan penyaluran bahan bakar dan kecepatan mesin. Vakum *manifold* menjadi lubang pada saat throttle penuh, sehingga pegas pengembalian mendesak diafragma pada posisi bahan bakar penuh. Vakum

manifold yang tertinggi adalah pada saat posisi *throttle* menutup dan diafragma terdesak pegas pengembalian menggerakkan batang bergerigi pada posisi bahan bakar minimum.

p) Perlengkapan dan pengaturan mesin kapal

Susunan mesin kapal, disamping mesin/motor yang dibutuhkan langsung sebagai pendorong, kapal juga dilengkapi dengan alat-alat tambahan yang dibuthkan. Mesin kapal adalah istilah yang mencakup seluruh perlengkapan mekanis yang dibutuhkan dalam pelayaran (sebagai mesin/motor pendorong utama kapal. Adapun susunan mesin kapal meliputi : mesin induk (*main engine*), mesin bantu (*auxiliary engine*), ketel (*boiler*), poros (*shat*), baling-baling (*propeller*), sistem pipa (*pipe line*), perlengkapan komunikasi, dan alat ukur.

Syarat-syarat mesin kapal

Mesin – mesin kapal yang digunakan pada keadaan lingkungan yang khusus oleh karena itu harus memenuhi persyaratan-persyaratan berikut .

a. Ringan dan bervolume kecil, makin ringan dan makin kecil volume memungkinkan ruang dan kemampuan memuat lebih besar.
b. Tingkat kemampuan yang tinggi, dikapal dengan pelayaran samudera, setiap kerusakan mesin sering kali langsung mengakibatkan bahaya besar bagi *crew* kapal dan badan kapal (*hull*).
c. Stabilitas dan ketahanan terhadap goncangan, dikarenakan putaran yang kuat, dentuman dan getaran yang terjadi di atas kapal, mesin harus sedikit mungkin terpengaruh faktor stabilitas.

d. Getaran minimum, getaran mesin dapat menyebabkan efek yang tidak diinginkan pada berbagai titik di badan kapal (*hull*) dan juga tidak nyaman bagi para awak buah kapal/*crew*.
e. Mudah dikerjakan, diperiksa dan dipelihara, dikarenakan waktu dan jumlah awak buah kapal/*crew* yang terbatas, pekerjaan dan pemeliharaan yang perlu harus dapat dilaksanakan dengan mudah.
f. Alat pembalik arah (*reverse propulsion*) dan pengubah kecepatan yang mudah dan praktis. Mesin/motor induk mudah dilengkapi dengan alat yang dapat mengatur gerakan kapal.
g. Pemakaian bahan bakar yang rendah, selain hemat biaya bahan bakar, jumlah bahan bakar makin sedikit, memungkinkan penempatan muatan lebih banyak.

Penyusunan motor kapal, motor induk ditempatkan ditengah kamar mesin yang terletak ditengah kapal (center) atau diburitan (*stern*) dari lambung (*hull*). Pada kapal yang bergerak utamanya adalah mesin uap torak atau turbin uap, ketel (*boiler*) biasanya dipasang dimuka motor induk, tetapi dalam kapal diesel, ketel ditempatkan pada tempat yang cocok diruang mesin karena ukurannya kecil.

3. Refleksi

SETELAH MELAKUKAN PEMBELAJARAN

Nama Guru : ....

NIP : ....

Paket Keahlian : Teknika Kapal Niaga

Mata Pelajaran : Motor diesel dan instalasi tenaga kapal

UPTD. : SMK ......

a. Apakah dalam kegiatan pembukaan pelajaran yang saya lakukan dapat menjadi arahan dan dapat mempersiapkan peserta didik untuk mengikuti pelajaran dengan baik?

   Jawab :

   Ya, karena setiap awal pelaksanaan belajar saya senantiasa selalu memberikan motifasi dan apersepsi tentang materi yang akan diajarkan, jadi dengan demikian peserta didik siap mengikuti pelajaran yang akan saya berikan.

b. Bagaimana respon peserta didik terhadap materi / bahan ajar yang saya sajikan sesuai dengan yang diharapkan? (Apakah materi terlalu sukar dipahami, atau dapat dipahami), artinya sudah sesuai dengan kemampuan awal peserta didik ?

   Jawab :

   Materi yang telah disajikan selama kegiatan belajar mengajar sudah dapat dipahami oleh peserta didik, buktinya saat peserta didik ditanya semua serempak menjawab paham sekaligus untuk contoh saya melemparkan pertanyaan tentang materi yang disajikan pada peserta didik dan tenyata peserta didik mampu menjawab dengan benar

c. Bagaimana respons peserta didik terhadap media pembelajaran yang digunakan (Apakah media yang digunakan telah sesuai dan mempermudah peserta didik menguasai kompetensi / materi yang diajarkan)

   Jawab :

   Ya, media yang saya gunakan dalam pelaksanaan belajar mengajar sangat membantu peserta didik saya dalam memahami materi yang saya jelaskan (laptop, LCD, tayangan animasi dan power point serta alat peraga)

d. Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap kegiatan belajar yang telah saya rancang?

   Jawab :

   Peserta didik saya senang dengan pembelajaran yang saya terapkan.

e. Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap metode / teknik pembelajaran yang saya gunakan ?

   Jawab :

   Peserta didik saya cukup nyaman dengan teknik ceramah dan Tanya jawab serta metode lain yang saya terapkan dalam pembelajaran

f. Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap pengelolaan kelas (perlakuan peserta didik terhadap peserta didik, cara saya mengatasi masalah, memotivasi peserta didik) yang saya lakukan?

   Jawab :

   Saya selalu berusaha membuat peserta didik saya nyaman dan tidak terbebani dengan pembelajaran yang saya lakukan, saat peserta didik kelihatan sudah capek saya mencoba mengatasi masalah tersebut dengan cara senam kecil meski sekedar berdiri, melekukkan badan kekanan-kiri dan bertepuk itu semua sudah cukup membuat peserta didik saya fress kembali.

g. Apakah peserta didik dapat menangkap penjelasan / intruksi yang saya berikan dengan baik ?

   Jawab :

   Peserta didik saya dapat dengan mudah menerima penjelasan atau instruksi yang saya berikan.

h. Bagaimana tanggapan peserta didik terhadap latihan atau penilaian yang saya berikan ?

Jawab :

Peserta didik saya senang dengan latihan soal yang saya berikan, karena menurut peserta didik dengan adanya latihan dan penilaian dapat diketahui hasil belajarnya

i. Apakah peserta didik telah mencapai penguasaan kemampuan yang telah ditetapkan?

Jawab :

Dengan usaha yang saya lakukan dan dengan kegiatan peserta didik saya memahami materi soal latihan yang saya berikan hasilnya bagus semua. Dapat diartikan peserta didik saya telah mencapai penguasaan kemampuan yang ditetapkan.

j. Apakah saya telah dapat mengatur dan memanfaatkan waktu pembelajaran dengan baik ?

Jawab :

Ya, Untuk menyelesaikan materi hari ini saya membutuhkan waktu 3 Jam x 45 menit dan telah tercapai secara efektif dan efisien

k. Apakah kegiatan menutup pelajaran yang saya gunakan sudah dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran yang saya sampaikan ?

Jawab :

Ya, karena di akhir pertemuan saya selalu mengajak peserta didik saya mereview materi yang telah kita pelajari

4. Tugas

a. Buatlah identifikasi bagianbagian motor diesel serta fungsinya!
b. Buatlah indentifikasi tentang sistem bahan bakar!

c. Buatlah identifikasi *injector*/*nozzle*!
d. Tentukan metode sistem bahan bakar yang digunakan/diterapkan pada motor penggerak kapal niaga!
e. Buatlah uraian singkat prinsip kerja pompa pemindah bahan bakar!
f. Buatlah uraian singkat tentang prinsip kerja pompa injeksi bahan bakar!
g. Buatlah sketsa sistem aliran bahan bakar tipe *in-line*!
h. Buatlah sketsa system aliran bahan bakar tipe *distributor*!
i. Buatlah rangkuman tentang sistem bahan bakar yang diterapkan pada instalasi tenaga kapal!
j. Tentukan perawatan injektor!

5. Tes Formatif

Pilihan ganda

1. Pada motor diesel dengan kecepatan 600 – 1500 RPM termasuk kategori putaran motor …
   a. Putaran motor rendah.
   b. Putaran motor sedang.
   c. Putaran motor tinggi.
   d. Putaran motor lambat.
   e. Putaran motor cepat.

2. Memompa atau menginjeksian bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder motor diesel termasuk salah satu dari …
   a. Fungsi sistem injeksi bahan bakar.
   b. Pengertian dari sistem injeksi bahan bakar.
   c. Fungsi dari pipa tekanan tinggi.
   d. Fungsi dari filter bahan bakar.
   e. Fungsi dari tangki bahan bakar.

3. Pada motor diesel yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar dengan bentuk pancaran kabut ke ruang bakar adalah …
    a. *Fly wheel*.
    b. *Injector*.
    c. *Rocker arm*.
    d. Piston.
    e. *Conection rod*.

4. Komponen pada motor diesel yang berfungsi mengatur kecepatan dan meratakan putaran motor adalah …
    a. *Governor*.
    b. *Fly wheel*.
    c. *Injector*.
    d. *Rocker arm*.
    e. *Fuel injection pump*.

5. Pompa injeksi yang memiliki satu buah elemen pompa yang akan melayani empat buah silinder motor diesel di sebut …
    a. Pompa injeksi tipe *in-line*.
    b. Pompa sentrifugal.
    c. Pompa injeksi tipe *distributor*.
    d. Pompa *rotary*.
    e. Pompa vakum.

6. Pompa terdiri dari empat elemen yang melayani empat buah silinder tiap silinder motor diesel akan dilayani oleh satu elemen pompa secara individual di sebut …
    a. Pompa injeksi tipe *in-line*.
    b. Pompa sentrifugal.
    c. Pompa injeksi tipe *distributor*.

d. Pompa *rotary*.
e. Pompa vakum.

7. Untuk mencegah masuknya kotoran atau air yang terbawa oleh bahan bakar dari tangki harian atau tangki utama/cadangan termasuk fungsi dari …
   a. Tangki bahan bakar.
   b. Pompa injeksi.
   c. *Injector*.
   d. Pipa bahan bakar.
   e. Saringan bahan bakar.

8. Macam-macam saringan halus yang terdapat pada saringan bahan bakar motor diesel yaitu …
   a. Saringan kertas model bintang, saringan kertas model gulung, saringan kain.
   b. Saringan kertas model segitiga, saringan kertas model lingkaran, saringan kertas segiempat.
   c. Saringan kain, saringan kertas model segitiga, saringan kertas model transparan.
   d. Saringan kertas model bintang, saringan kain, saringan kertas model transparan.
   e. Saringan kertas model transparan, saringan kain, saringan kertas model segiempat.

9. Menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa menuju nozzle termasuk fungsi dari komponen …
   a. *Nozzle*.
   b. Filter bahan bakar.
   c. Tangki bahan bakar.

d. Pompa injeksi bahan bakar.
e. Pipa bahan bakar tekanan tinggi.

10. *Nozzle* berlubang banyak (multy hole) pada umumnya digunakan pada motor diesel dengan …
    a. Mempunyai ruang bakar terbuka.
    b. Injeksi langsung (*direct injection*).
    c. Ruang bakar luas.
    d. Ruang bakar tertutup.
    e. Ruang bakar pusat.

Essay

1. Sebutkan cara pengabutan bahan bakar pada motor dalam!
2. Sebutkan dan jelaskan jenis putaran motor diesel!
3. Sebutkan keuntungan-keuntungan motor diesel!
4. Jelaskan perbedaan sistem penyalaan motor diesel dengan motor bensin!
5. Sebutkan komponen-komponen injeksi/sistem bahan bakar pada motor diesel!
6. Apa fungsi dari tangki bahan bakar?
7. Sebutkan jenis-jenis saringan bahan bakar!
8. Apa fungsi dari pompa pemindah bahan bakar?
9. Sebutkan jenis-jenis pompa injeksi bahan bakar?
10. Sebutkan syarat pengabutan dan penyemprotan dalam tekanan bahan bakar!

Kunci Jawaban Tes Formatif

Pilihan ganda

1. (B) putaran motor sedang
2. (A) fungsi sistem injeksi bahan bakar
3. (B) injector

4. (A) governor
5. (C) pompa injeksi tipe distributor
6. (A) pompa injeksi tipe in-line
7. (E) saringan bahan bakar
8. (A) saringan kertas model bintang, saringan kertas model gulung, saringan kain
9. (D) pompa injeksi bahan bakar
10. (B) injeksi langsung (direct injection)

Essay

1. Cara pengabutan bahan bakar pada motor dalam yaitu

   Motor pengabut tekan, bahan bakar dikabutkan oleh penyemprotan kedalam silinder pada tekanan yang berkisar dari 200 – 700 kg/cm^2 (metode ini yang umum digunakan) dan Motor pengabut udara, bahan bakar dikabutkan oleh penyemprotan udara bertekanan tinggi. (pada saat ini tidak digunakan lagi)

2. Jenis – jenis putaran motor diesel diantaranya

   Motor dengan putaran rendah, dibawah 600 RPM, Motor dengan putaran sedang, putaran motor antara 600 – 1500 RPM, Motor dengan putaran tinggi, putara lebih dari 1500 RPM
3. Keuntungan – keuntungan motor diesel yaitu
   a. Motor diesel mempunyai efisiensi panas yang lebih besar,hal ini berarti bahwa penggunaan bahan bakarnya lebih ekonomis dari pada motor bensin
   b. Motor diesel lebih tahan lama dan tidak memerlukan electric igniter, hal ini berarti bahwa kemungkinan kesulitan lebih kecil dari pada motor bensin

c. Momen pada motor diesel tidak berubah pada jenjang tingkat kecepatan yang luas, hal ini berarti bahwa motor diesel lebih fleksibel dan lebih mudah dioperasikan dari pada motor bensin

4. Perbedaan penyalaan motor diesel dengan motor bensin yaitu
   a. Sistem penyalaan motor diesel terdiri atas
      1. Pengabut (injection nozzle)
      2. Pompa bahan bakar (fuel injection pump)
      3. Pengatur pompa bahan bakar (governor pump)
      4. Saringan bahan bakar (fuel filter)
      5. Katup pembebas (relief valve)
      6. Pompa pemindah bahan bakar (fuel transfer pump)
      7. Tangki bahan bakar (fuel service tank)
      8. Pipa – pipa aliran bahan bakar (fuel pipe lines)
   b. Sistem penyalaan motor bensin terdiri atas
      1. Baterai
      2. Coil pengapian
      3. Distributor (alat pembagi)
      4. Platina dan kondensor
      5. Kabel – kabel busi
      6. Busi
      7. Kunci kontak (ignition switch)

5. Komponen – komponen injeksi / sistem bahan bakar pada motor diesel yaitu :

   bakar mesin diesel meliputi beberapa bagian yaitu :
   a. Tangki bahan bakar (fuel tank)
   b. Saringan bahan bakar (fuel filter)
   c. Pompa pemindah bahan bakar (fuel transfer pump)
   d. Pompa injeksi bahan bakar (fuel injection pump)
   e. Pipa – pipa injeksi bahan bakar (fuel injection lines)

f. Injector (fuel injector)
g. Pipa – pipa pengembali bahan bakar (fuel return lines)

6. Tangki bahan bakar berfungsi menyimpan atau menampung bahan bakar. Tangki bahan bakar dibuat dengan berbagai ukuran dan tiap ukuran, bentuk tangki dirancang untuk maksud persyaratan tertentu

7. Jenis – jenis saringan bahan bakar meliputi :
   a. Saringan bahan bakar kertas bentuk bintang
   b. Saringan bahan bakar kertas bentuk gulung
   c. Saringan bahan bakar kain

8. Fungsi dari pompa pemindah bahan bakar yaitu : untuk mengisap bahan bakar dari tangki dan menekan bahan bakar melalui saringan bahan bakar ke ruang pompa injeksi. Pompa ini dinamakan juga pompa pemberi (feed pump) atau juga pompa pencatu bahan bakar (fuel suplly pump) atau priming pump

9. Jenis – jenis pompa injeksi bahan bakar yaitu
   a. Sistem pompa sebaris atau pribadi
   b. Sistem pompa distributor
   c. Sistem akumulator

10. Adapun beberapa syarat untuk bentuk pengabutan dan penyemprotan sangat diperlukan meliputi :
   a. Atomisasi (pengabutan), atomisasi menjadi bahan bakar berbentuk kabut yang halus dan rata. Hal ini memperbesar luas permukaan penyebaran bahan bakar beralih kebentuk panas yang memperbaiki sifat penyalaan dan pembakaran. Kabut tersebut terbentuk oleh dorongan yang diberikan kepada bahan bakar melalui injeksi pada

nozzle dengan suatu tekanan. memperbesar tekanan berarti memperhalus kabut. Bila tekanan rendah, atomisasi (pengabutan)nya kurang baik dan bahan bakar akan mengalir keluar melalui nozzle dalam bentuk pancuran yang mengakibatkan kesulitan proses pembakaran. Sebaliknya bila kabut terlalu halus, proses pembakaran juga kurang baik. Alasannya adalah bila aliran bahan bakar terlampaui halus dan dalam perjalanannya ke ruang bakar, bahan bakar tersebut bertemu dengan udara yang pekat, maka kedua zat itu berubah menjadi gas

b. Tenaga penetrasi, dalam udara yang pekat dibutuhkan suatu tenaga untuk mengalirkan bahan bakar. Untuk melakukannya dibutuhkan tenaga kinetis yang besar

c. Distribusi (penyaluran), untuk menaikkan tekanan efektif rata – rata, seluruh udara dalam silinder harus dipergunakan untuk pembakaran. Dengan kata lain sangat penting untuk membuat akses udara sekecil mungkin. Udara yang tidak tersentuh oleh semprotan bahan bakar tidak akan dipakai dan daerah dimana tetesan bahan bakar terlalu banyak akan menghasilkan proses pembakaran yang kurang sempurna karena kekurangan jumlah udara.

d. Penyebaran, bila bahan bakar diinjeksikan / dialirkan dibawah tekanan tinggi keudara, ukuran butiran akan mengecil dan kecepatan aliran akan menurun secara nyata. Butiran bahan bakar akan membesar dan bertendensi untuk menetes. Bagaimanapun bila kecepatan injeksi terlalu rendah, bahan bakar di dorong ke dalam aliran yang halus / tipis bila tersentuh dengan udara, ini akan membentuk ruang lingkaran karena tegangan permukaan

e. Jarak penetrasi, untuk pemakaian penuh udara dalam ruang bakar, bahan bakar harus disebarkan merata kedalam ruang bakar. Untuk memperoleh hal ini jarak penetrasi penting diperhatikan. Tidak hanya cukup dengn beberapa fungsi yang diperlukan untuk kebutuhan injeksi bahan bakar seperti tersedia pada ruang bakar, pompa injeksi / aliran dan nozzle (klep injeksi / saluran injeksi). Ini perlu untuk mendapatkan efisiensi maximum. Bila hal – hal tersebut diatas dikombinasikan dalam satu mesin.

C. Penilaian

1. Sikap

Penilaian sikap terhadap peserta didik terbagai menjadi dua penilaian yaitu :

- Penilaian oleh teman sejawat.
- Penilaian oleh guru.

LEMBAR PENILAIAN SIKAP

(oleh Teman Sejawat)

Kompetensi Dasar :…………………………..

Nama Siswa :......................................

Nomor Induk Siswa :......................................

Hari/Tanggal :......................................

NO	ASPEK SIKAP	SKOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Kerjasama					
2	Kedisiplinan					
3	Kejujuran					
4	Kemandirian					
5	Tanggung jawab					
6	Memecahkan masalah					
7	Ketelitian					
8	Kelengkapan data					

9	Menggunakan informasi dan teknologi					
10	Keuletan					
11	Bertutur kata yang santun					
12	Dapat dipercaya					
13	Suka menolong dalam kebaikan					
14	Menghormati teman					
15	Menghormati guru					
16	Kemauan yang keras dalam belajar belajar					
TOTAL SKOR						

LEMBAR PENILAIAN SIKAP

(oleh Guru)

Kompetensi Dasar : ....

Nama Siswa : ....

Nomor Induk Siswa : ....

Hari/Tanggal : ....

NO	ASPEK SIKAP	SKOR PENILAIAN				
		1	2	3	4	5
1	Kerjasama					
2	Kedisiplinan					
3	Kejujuran					
4	Kemandirian					
5	Tanggung jawab					
6	Memecahkan masalah					
7	Ketelitian					
8	Kelengkapan data					
9	Menggunakan informasi dan teknologi					
10	Keuletan					
11	Bertutur kata yang santun					
12	Dapat dipercaya					
13	Suka menolong dalam kebaikan					
14	Menghormati teman					
15	Menghormati guru					
16	Kemauan yang keras dalam belajar					
TOTAL SKOR						

Catatan :

a. Beri tanda cek (√) pada kolom skor perolehan sesuai keterangan berikut :
   1 = Kurang sekali

   2 = Kurang

   3 = Cukup

   4 = Baik

   5 = Baik sekali

b. Penilaian ini dilakukan selama kegiatan pembelajaran dan diskusi, hasil dari penilaian ini digunakan untuk mengetahui tingkat atau kadar tingkah laku dan sikap yang digunakan sebagai bahan pertimbangan skor atau nilai akhir.
   Apabila nilai siswa lebih dari 7 maka siswa dinyatakan memiliki sikap positif dan baik.

2. Pengetahuan

Penilaian pengetahuan dilakukan dengan menggunakan berbagai macam cara. Adapun cara melakukan penilaian pengetahuan meliputi :

- Ulangan lisan.
- Ulangan tertulis.
- Tugas

Pada penilaian pengetahuan kali ini coba anda kerjakan tes formatif di atas dengan sejujur-jujurnya. Jika Anda dalam mengerjakan soal formatif di atas nilainya melebihi 75 maka Anda dinyatakan sudah lulus.

3. Keterampilan

Untuk mengetahui sejauh mana kemampuan peserta didik dalam memahami materi yang diajarkan maka diperlukanannya kegiatan praktikum sehingga peserta didik akan lebih paham.

Kegiatan ini akan dibimbing oleh guru dan peserta didik akan melakukan kegiatan sesuai dengan tahapan-tahapan yang ada di lembar kerja. Adapun lembar kerja tersebut adalah sebagai berikut:

Lembar kerja

a. Kegiatan
   - Mengidentifikasi sistem bahan bakar pada motor diesel
   - Mengidentifikasi bagian-bagian cara kerja sistem bahan bakar

b. Alat
   - Motor diesel 1 silinder dan 4 silinder
   - Injektor/*nozzle*
   - *Toolset*
   - *Special tool*
   - Kain la/majun
   - Peralatan tulis

c. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
   - Sarung tangan
   - *Safety shoes*

d. Langkah kerja
   - Menyiapkan peralatan yang diperlukan.
   - Melakukan pembongkaran motor.
   - Mengidentifikasi sistem bahan bakar pada motor diesel.
   - Membongkar Injektor.
   - Mengidentifikasi bagian-bagian injector.
   - Membuat laporan kegiatan.

Selama peserta didik melakukan kegiatan guru harus memperhatikan dan melakukan penilaian sesuai dengan unsur-unsur penilaian keterampilan.

LEMBAR PENILAIAN KETERAMPILAN

Kompetensi Dasar :…………………………..

Nama Siswa :......................................

Nomor Induk Siswa :......................................

Hari/Tanggal :......................................

NO.	KOMPONEN	SKOR	
		MAX.	DICAPAI
1.	Prosedur Kerja	30	
2.	a. Mengidentifikasi jenis pompa injeksi. b. Mengidentifikasi prinsip kerja pompa injeksi.	20	
3.	Kebersihan, kerapian, ketelitian dan keselamatan kerja	20	
4.	Hasil kerja	20	
5.	Waktu	10	
	Total Skor	100	

III. PENUTUP

Peserta didik dalam pembelajaran dan penguasaan buku teks motor diesel dan instalasi tenaga kapal niaga ini sangat penting. Secara keseluruhan kompetensi ini sangat dibutuhkan oleh semua orang yang sedang dan akan bekerja di atas kapal, sehingga disarankan kepada peserta didik dalam pembelajaran harus menguasai betul. Untuk mendukung dalam penguasaan peserta didik dapat melaksanakan kegiatan praktikum di kapal maupun di ruang praktikum bengkel permesinan di sekolah masing – masing.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W.(1993), *Motor diesel putaran tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

BP3IP, (2013)*Engine Room Management*, BP3IP, Jakarta.

Pertamina, (1998)*Engine Watchkeeping*. Diklat Pertamina, Jakarta.

Astra Toyota, (1995), *New Step 1 Training Manual*, PT. Toyota Astra Motor Training Center, Jakarta.

BPLPD, (1982), *Marine Engine I. JICA (Japan International Cooperation Agency)*,BPLPD, Barombong.

BPLPD, (1982) *Marine Engine III. JICA (Japan International Cooperation Agency).* BPLPD, Barombong.

Yanmar Diesel, (1980), *Mesin Diesel Yanmar Buku Petunjuk 1,* PT.Yanmar Indonesia, Jakarta

Yanmar Diesel, (1980), *Mesin Diesel Yanmar Buku Petunjuk 2,* PT.Yanmar Indonesia, Jakarta

Yanmar Diesel, (1980), *Mesin Diesel Yanmar Buku Petunjuk 3*, PT.Yanmar Indonesia, Jakarta